<36621784610015

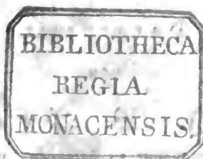
W. Herschels Entdeckungen in der Astronomie und den ihr verwandten Wissenschaften.

Dargestellt
von

Dr. J. W. Pfaff,
ord. öffentl. Lehrer an der Hochschule zu Erlangen, russisch-kaiserlichem Hofrath, Korrespondenten der königl. Akademie der Wissenschaften zu München; zu St. Petersburg; Mitglied der physisch-medicinischen Gesellschaft zu Moskau.

Stuttgart und Tübingen,
in der J. G. Cotta'schen Buchhandlung
1828.







Vorrede.

Der Vorsatz des Verfassers war, den Zustand und die Entwickelung der Astronomie und der ihr verwandten Naturwissenschaften in dem Zeitraum von der Entdeckung des Uranus bis zum Hinscheiden seines Entdeckers, in ausführlicheren Umrissen darzulegen. Dieser Entdecker Wilhelm Herschel stellt sich hier voran als eine merkwürdige Erscheinung. Keiner Schule oder Genossenschaft vereint, von keiner öffentlichen Anstalt getragen, bricht er auf Einmal hervor wie ein befruchtender Bergquell. Ihm war das Glück zu Theil, auf dem abgeschiedenen brittischen Eiland, während das Festland in immer erneueten Bewegungen und Erschütterungen ermüdete, in unabhängiger Ruhe der Durchforschung des Himmels sich zu widmen, neue Lichtwesen zu erblicken und Bewegungen, die während dieses ganzen Zeitraumes Niemand außer ihm gewahrte. Also hatte er großen Antheil an den Ergebnissen, welche diesen Zeitraum in der Wissenschaft bezeichnen, die Erweiterung, die Unabhängigkeit, die Achtbarkeit derselben betreffend.

In dieser Periode von 40 Jahren, hat sich der Umfang unseres Planeten-Systems um mehr als 50 neuentdeckte Mitglieder erweitert, worunter auch ein Komet von kurzer Umlaufszeit, eine Erscheinung die uns weit über die beschränkten Ansichten hinüberführte. Die

Beobachtungs-Methoden, vorzüglich aber die Berechnung derselben und der Wahrheit gemäßeste Anwendung, die Bestimmung der Bahnen und wechselseitiger Einflüsse der Planeten in ihren Bewegungen sind verfeinert oder neu gefunden. Ein neuer, der fünfte Welttheil, ist für die beobachtende Astronomie gewonnen; und neue Sternwarten blühen in Europa auf, und Freunde dieser Himmelskunde finden sich frey in allen Ländern. Die Wissenschaft, welche der Astronomie am nächsten ist, die Optik, hält gleichen Schritt mit ihr; der gelehrte Engländer Young durch Auffassung zarter Erscheinungen stellt die gediegene Ansicht über die Wirkungsweise des Lichts wieder her; der fein analysirende Malus lehrt das überraschendste und innigste, die Doppelspiegelung, und schließt unerwartet die Natur der Krystalle dadurch auf; der unvergeßliche Fraunhofer scheidet mit mathematischer Schärfe aus dem farbigen Sonnenbild die dunkeln Bilder, welche die Farben trüben, und gründet damit und durch unermüdete Versuche der Glasbereitung für die achromatischen Werkzeuge der Astronomen eine neue Epoche. Auch der Galvanismus — wiewohl der Astronomie dadurch schon verwandt, weil Alles, was als Licht erscheint, unter die Oberherrschaft derselben gehört — der in den übrigen die weithin Alles beherrschende Erscheinung der Zeit war, hat sich endlich noch, in seiner neuen Gestalt, dem Magnetismus verschlungen gezeigt, und so dem planetarischen Wesen der Weltkörper vereinigt. Besondere Untersuchungen sind dem Einzelnen im physischen Bau der Planeten, besonders auch unserer Erde gewidmet, und durch Reisen über Erwartung unsere Kenntniß bereichert worden; und auf eine merkwürdige Weise ist die Theorie unseres Planeten durch die Beziehung auf die Mosaische

Geschichte immer jugendlich geblieben; so wie andere historische astronomische Untersuchungen durch die bewaffneten Forschungen der Franzosen in Aegypten in lebendigere Anregung kamen, und die unleserlichen Trophäen selbst zur Kenntniß der Urschrift des Volks an dem Nil uns hinzogen.

Der Verfasser, der einigen, wiewohl geringen, thätigen Antheil an den astronomischen physikalischen Erscheinungen dieses Zeitraums nahm, hat sich bemüht, sich die Quellen dieser Zeit so viel thunlich zur Einsicht zu verschaffen; er erkennt aber als belehrend und anregend die vortrefflichen Gedächtnißreden, welche die Franzosen den aus ihrer gelehrten Genossenschaft abscheidenden Gliedern weihten; des unermüdeten Lalande's vielseitige Beredtheit in der Geschichte der hier verhandelten Wissenschaften; die französischen Berichte des National-Instituts an den damaligen Kaiser der Franzosen scheinen nicht durch ihre Schuld, schmeichelnd, besänftigend und wohl wissenschaftliche Freiheit schützend, durch kleinlich erscheinende Eifersucht entstellt. Wie glücklich dagegen würde der Verfasser sich schätzen, wenn der geneigte Leser sich überzeugen könnte, daß die historischen Darstellungen des Herrn v. Lindenau, durch ihren ernsten gründlichen und hohen Sinn gerühmt, nicht ohne tiefen Eindruck auf denselben geblieben sind!

Die Ordnung, die in dieser ersten Abtheilung geworden ist, schien nicht bloß in der Hinsicht passend, Herschels Entdeckungen aufzuführen, sondern auch den ganzen Reichthum der Mitgenossen und die historischen Forschungen an gehörigen Orten einzureihen.

Um ein vollständiges Bild der beobachtenden Wirksamkeit Herschels zu geben, habe ich theils die Original-

beobachtungen in die Abhandlungen selbst aufgenommen, theils in den Anmerkungen beygefügt; endlich in den Beylagen eine Uebersicht derselben im Allgemeinen gegeben.

Ich habe mich auf die vorzüglichsten Kupfer berufen, welche den Herschelschen Abhandlungen beygefügt sind. Diesen ist noch besonders der Anhang mit dem Titel „Beschreibung der Kupfer" bestimmt.

Wenn nach den bisher angegebenen Grundsätzen und Bestimmungen das, was Herschels Zeitgenossen gearbeitet haben, nach seinem ganzen Umfange beachtet wird, so glaubt der Verfasser die Lösung seiner Aufgabe wenigstens nicht verwickelt zu haben.

Ich fürchte nicht, daß die Aufschrift dieses Buchs Anstoß gebe; denn obgleich nicht ungeneigt, hier ein Lobredner zu erscheinen, so möchte ich nicht die Einfalt, die der Präsident der königlichen Gesellschaft zu London in seiner Gedächtniß-Rede an Herschel rühmte, durch Uebertriebenes beleidigen, oder damit die Wahrheit ehrende Leser stören.

Eben so hofft der Verfasser, daß die in dieser Schrift vorkommenden Urtheile über Zeitgenossen Herschels nicht ihren Kreis überschreiten. Die Fortsetzung dieser Arbeit wird gleiches Verfahren befolgen.

J. W. Pfaff.



Erstes Buch.

Ueber den Bau des Himmels.

Die Untersuchungen über den Bau des Himmels, sind an den Anfang dieser Abhandlung gestellt, wegen der Allgemeinheit, und weil die ersten und letzten Bestrebungen Herschels demselben gewidmet waren; die Milchstraße, der Orions Nebel, die Gränzen unseres Sternhimmels waren Gegenstände auf welche er wiederholt in verschiedenen Abhandlungen zurückkam. Noch in anderen Rücksichten erregen dieselben aufmerksame Theilnahme. Schon die Grundsätze, welche hier die forschende Sternkunde leiten, sind höherer Art. Den Ort eines einzelnen Himmels-Körpers in genau bestimmter Zeit genau zu bestimmen, war das einzige Geschäft, die einzige Weisung, die der Sternseher befolgte, das übrige war Vergleichung, oder Ergebniß der Rechnung. In diesen Untersuchungen ist eine vereinigte Stern-Menge das Einzelne, aus welchem durch Zusammenführung, die Ergebnisse sich entwickeln. Nach einer andern Seite hin sind diese Untersuchungen in der Weise gehalten, wie in andern Zweigen des menschlichen Wissens die größern oder kleinern Theile des Welt-Leibs und der Ur-Erzeugnisse des Alls betrachtet werden. Nicht minder ansprechend ist das große Vertrauen auf die Macht des Fern-Rohrs, das den kühnen Forscher in die noch unermessene Tiefe des Himmels führte, womit er durch das leuchtende Gewimmel der Sterne drang und in das Jenseits schaute eben so wohl, als die aus der dunkeln Nacht hervordämmernde Scheine und Lichter des Himmels. Er fühlte bei dieser Sicherheit den Anbruch eines neuen Zeit-Abschnitts; durch die erhöhte Sehkraft nicht durch die Meßkunst — die auf der Erde und der Planeten-

Welt vergebens einen Maasstab sucht — werden uns berichtigte Umrisse des Ganzen und seiner Gliederung zu Theil. Die Ergebnisse dieses ersten Buchs sind als das Umfassende anzusehen, welches in dem Folgenden näher bestimmt und ausgearbeitet und durchs Einzelne erläutert wird, wie sich dann die folgenden Bücher mit den uns nähern und vertrautern Gegenständen beschäftigen.

Die Milchstraße ist unter allen Gegenständen am Himmel, (* 1) welche aus, dem unbewaffneten Auge unkenntlichen, Sternen gebildet sind, der auffallendste. Ohne die Macht des Fern-Rohrs zu Hülfe zu nehmen, erscheint sie wie ein Zirkel, der uns, im Mittelpunkt der sichtbaren Welt befindlich, umgiebt; ein lichter Kreis aus hellern und dunklern Wolken von Glanz gleichsam zusammengesetzt, die sich verdichten und trennen. Mehr oder weniger dunkle Räume umgeben sie, und erinnern an die Nacht, aus der das Ganze hervorgetreten. Helle Sterne erglänzen aus diesem Gürtel, und die sternreichsten Gegenden des Himmels umfassen ihn an entlegenen Seiten in mehreren Strahlen.

Durch Größe und Glanz, der durch den ganzen Himmels-Raum zieht, und ihn umfaßt, erregte er immerwährend die Aufmerksamkeit und forderte auf zur Forschung. In Fabeln, deren Deutung uns unbekannt, haben die Alten uns Kunde gegeben von dem Ueberfluß des Ur-Lichts, das sich dort angehäuft, von dem Untergange des Weltstoffs; oder die Dichter haben uns in diesem Gewimmel von Sternen ein Bild von der Vereinigung der seeligen Geister gezeigt, ins Licht-Meer zusammenfließend, unsern sterblichen Augen nicht mehr sichtbar. Ohne diese Bilder erhielt die Ansicht die Oberherrschaft, jener Gürtel sey eine ins Unendliche sich ausdehnende Vereinigung unzähliger Sterne, unserer Sonne ähnlich, die in ungeheurer Gedrängtheit immer tiefer und tiefer stünden, einzeln dem Auge ungreiflich, vereint aber jene Wolken und Schatten von Licht darstellend, jenes neblige, duftige, milchige Licht. Aber durch diese Berufung auf das Unendliche schien jede weitere Untersuchung, als zum Unauflösbaren führend wie abgeschnitten; denn das Unendliche im Raum ists, woran wir zurückstoßen, dieser unbehagliche, nachtähnliche Gedanke erweckt im Naturforscher ein lähmendes Gefühl; noch mehr war dadurch der innere Bau ein ewiges Räthsel; so lange wir — wie wohl manche in Gedanken versuchten — hinausschwingen können aus diesem Getümmel von Sternen, von Ferne das Gesetz dieser scheinbaren Unordnung ergreifen.

Aber von einer andern Seite ließe dieß System sich auch wenn es nach Einer Richtung unendlich wäre betrachten; sein Ver-

hältniß zum übrigen Sternenheer, sein Verhältniß zu uns, ja selbst eine Abmessung seiner Gestalt, wenn es nicht allen drey Dimensionen unmeßbar ist. Herschel erschrack vor dieser Unendlichkeit nicht. Sein erstes und kühnes Unternehmen wagte er um den Bau des Himmels aus dem Bau der Milchstraße zu erforschen. Die Erfolge müssen diesen Gedanken würdigen. Doch dazu mag auch dienen eine kurze Darstellung dessen, was vor Herschel geschehen, und der Ansichten, die vor ihm ausgesprochen worden; sie deuten um so mehr den Standpunkt der Zeit an, da zwey ausgezeichnete Männer, der eine als Philosoph, selbst Schöpfer eines neuen Systems, Immanuel Kant, der andre als Mathematiker Lambert aus Wolfs philosophisch mathematischer Schule, beyde auf der Höhe ihrer Wissenschaft, und von umfassenden Geist und Kenntniß über die Anordnung und Gestaltung des Weltganzen etwas Allgemeines und Großartiges beabsichtigten. Ich werde kurze Umrisse hier mittheilen, am Schlusse dieses 1sten Buchs lassen sich die Parallele ziehen und die Erweiterungen unserer Ansicht des Himmels durch Herschels Bemühungen vollbracht, zusammenfassen.

Kant *) erkennt die Unendlichkeit der sichtbaren Welt an. Denn man kommt der Unendlichkeit der Schöpfungs-Kraft nicht näher, ob man den Raum ihrer Offenbarungen in eine Sphäre, mit dem Radius der Milchstraße beschrieben, einschließt, als wenn man sie in eine Kugel von einem Zoll Durchmesser beschränkt. Wer die unendlichen Entwicklungen in alle Ewigkeit überschaut, der hat sie auch auf einmal gegenwärtig, und kann sie auch, alle verbunden, im Raum darstellen. — Diese unendliche Natur wird ein einziges System ausmachen. Dieß ist eine unmittelbare Folge davon, daß die einzelnen untergeordneten Systeme dieses höchsten Systems — dergleichen auch unsere Milchstraße eines ist — wechselseitig gegen einander gravitiren. Hätten sie keine vereinte Beziehung zum Ganzen, so würde eine unendliche Kette entstehen, in welcher die Gleichheit der Beziehung aller Theile den Verfall des Ganzen sichert. Allein hiezu gehört eine so genau abgemessene Bestimmung in den nach der Attraction abgewogenen Entfernungen, daß auch die geringste Verrückung dem Universum den Untergang zuziehen würde. — Also ist auch im Central-Körper nothwendig ein Klumpen von der ausnehmendsten Attraction. Dort in diesem Mittelpunkt fieng die Bildung des sichtbaren Alls an, von dort schreitet sie fort in gemessenen Zeiten und Perioden und in abgemessener Kraft; von da an ist die Unendlich-

*) S. allgemeine Naturgeschichte des Himmels; oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprung des ganzen Weltgebäudes nach Newtonischen Grundsätzen: abgehandelt von Immanuel Kant. Neue Auflage. 1798. Zeiz. Webel.

keit mit immer zärtern und feinern Bildungen erfüllt, dem Mittelpunkte näher sind die gröbern. Nur eine endliche Sphäre ist zugleich ausgebildet, ein unendlicher Theil streitet noch mit Chaos und Verwirrung; die Welt wird immer gebohren, die Schöpfung ist — die Ur-Materie ausgenommen — nie vollendet; die Entwicklungen schreiten mit der Unendlichkeit der Zeit durch die Unendlichkeit des Raums. Aber so wie die Schöpfungen von dem Ur-Mittelpunkt ausgiengen, so folgt ihnen wieder nach die Zerstörung, dem Lichte folgt auf dem Fuße die Nacht; durch die ganze Unermeßlichkeit gehen die ewigen Wellen von Schöpfung und Zerstörung und Wiedererneuerung. — Alle einzelnen Glieder des Ganzen sind einander ähnlich, denn sie sind auf gleiche Weise aus einerley Kräfte — der mechanischen Anziehung und Abstoßung — der durch den Welt-Raum verbreiteten Ur-Materie entstanden. Wie unser Sonnensystem in einer Thierkreis-Schichte die Planeten enthält, und in freyerer Bewegung hinausstreben die leeren inhaltslosen Massen der Kometen, so ist auch unsere Milchstraße gebildet, eine ungeheure Schichte von Sternen, die sich um einen Central-Körper gelagert haben; aus derselben Ursache als der planetarische Weltbau im Kleinen: die Milchstraße ist die allgemeine Beziehungsfläche der Sterne, gleichsam der Zodiacus der Sonnensysteme. Diese Sonnen bewegen sich; auch wir befinden uns in dieser Schichte; die Sonnen, die sich am wenigsten auf diese Fläche beziehen, werden zur Seite gesehen, weniger gehäuft, zerstreuter, seltener; es sind gleichsam die Kometen unter den Sonnen. — Alle die übrigen Gestalten, die wir mit Erstaunen am Himmel gesehen, sind unendlich entfernte solche Milchstraßen, uns aus der Tiefe schwach hervordämmernden Lichts als Nebelsterne und Lichthäufchen erscheinend. Diese Milchstraßen machen vereint das große einzige System der Natur. — Die Vertheilung der Ur-Materie in Beziehung auf die Dichtigkeit der Elementar-Theile, und die mechanische Bildung einer Schichte wie im Planeten-System der Planeten-Schichte, so der Stern-Schichten fortan in den Milchstraßen durch repulsiver Kräfte Streit mit den attractiven, zeichnen im Einzelnen die Darstellung des Philosophen aus.

Lambert *) sieht die Attraction gleichfalls als das Haupt-Band, das die Welt-Glieder zu Einem Ganzen verbindet. Auch ihm ist unser Sonnen-System das Urbild oder der Typus aller Schöpfungen am Himmel; er deutet dieß aus dem — in der damaligen Schule hoch im Ansehen stehenden — Prinzip der Vollkommenheit; der Bau dieses Systems, also auch aller, ist diesem

*) Cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues; ausgefertigt von J. H. Lambert. Augsburg bey Eberhard Kletts Wittib. 1761.

Prinzip gemäß so gebildet, daß die möglich größte Menge unabhängiger, in Bestand verharrender Körper am Himmel, existiren könne; daher die ruhige Schichte der Planeten, und die nach allen Richtungen und Distanzen sich ausweichenden Kometen. Von der Milchstraße, die er mehr nach ihren verschiedenen Ungleichheiten in ihrem Bau, aus verschiedenen Systemen bestehend, ansieht, giebt er geradezu keine Deutung, während die Schichtung derselben das Hauptphänomen ist, auf welches Kant vorzüglich Rüksicht nahm. Nach Lambert ist überall auch der einzelne Theil und das Ganze ähnlich. Jeder Stern ist Sonne, mit einer Planeten-Schicht und einer Sphäre nach allen Richtungen sich bewegender Kometen, wodurch die Sonne von allen Seiten gleich umgeben ruhig im Mittelpunkte ihre Unterthanen beherrscht. Jede Sonne gehört wieder zu einem Sternsystem, in welchem abermals ein überwiegender Central-Körper, durch Masse oder Dichtigkeit ausgezeichnet, sich befindet. Dieser Central-Körper ist wieder nur Trabant in einem andern System, dessen Haupt-Körper um eine Sonne läuft, die wieder nur Glied eines höhern Systems ist, und so ohne Ende fort, bis zum Central-Körper der ganzen Welt. Die Milchstraße ist wahrscheinlich ein solches System von Sternsystemen dritter Ordnung, mit einem Central-Körper. Den Central-Körper hält er für dunkel; dieser nimmt seine Beleuchtung von der nächsten Sonne, die um ihn läuft; denn wäre er leuchtend, so würde bey seiner Größe, in einem weiten Raum um ihn her jede Sonne überflüßiges Licht seyn, weil das Licht nur als den dunklen Planeten dienend, so um die Sonnen laufen, angesehen werden muß. Daß aber nothwendig jedes Fixstern-System einen überwiegenden Central-Körper haben müsse, beweißt er aus allgemeinen theoretischen Gründen, während der Philosoph — Kant — es aus mechanischen hergeleitet hatte. Die Ordnung in dem Laufe eines Sternsystems, das einen leeren Mittelpunkt hätte, wäre viel zu verwickelt, als daß sie sich zu einem System schickte, dessen Größe und Dauer etwas sehr einfaches erfordert. Aehnliche allgemeine Begriffe von Einfachheit, Vollkommenheit, Einförmigkeit, Subordination unter höhere Körper dienen zur Unterstüzung seines Weltbaues.

Aehnliche Ansichten waren im Allgemeinen herrschend: Auch ist zugestanden, daß von französischen und englischen Gelehrten vorbildende und anregende Ideen denen der Teutschen eben entwickelten vorangiengen. Während die Theorie sich aussprach, zweifelte noch und wagte nichts die Beobachtung. (*2)

Jetzt ergriff Herschel die Wissenschaft, und wagte, als Beobachter, in jene nie ergründeten Tiefen des Himmels zu dringen. Dreymal hatte er schon die offenen Theile des Himmels durchmustert; stets seine Fern-Röhre verbessert; also daß die Stern-Nebel,

welche die unermüdeten Franzosen *), Mechain und Messier, entdeckt hatten, meist vor seinen bewaffneten Augen in Sternhaufen sich auflösten; er richtete nur den Blik ins Große; der Bau der Milchstraße und die Stellung der Sonne darin, war das Ziel, das er erstrebte; als er sein 20füßiges Telescop dahin richtete, verschwand der nebelige Schein, den das Auge in der Milchstraße gewahrt, und eine zahllose Menge von Sternen wimmelte heran, „die herrliche Menge Sterne von allen möglichen Größen war in der That erstaunenswürdig."

Ueberzeugt, daß es ein ungeheures Sternlager sey, zu dem alle sichtbaren Sterne gehören, von denen wir mit unsrer Sonne rings nach allen Seiten umschlossen sind, unternahm er es, nach seinen innern Verhältnissen und Abmessungen dasselbe zu erforschen. Die ersten Resultate seiner Arbeit legte er 1785 in seiner Abhandlung über den Bau des Himmels nieder. Er nannte sie so, weil er diese Milchstraße für ein Hauptglied des Weltganzen hielt; auch hatte er bereits am Himmel Gebilde eigenthümlicher Art entdekt; er nannte sie damals Milchstraßen in der Tiefe des Himmels; viele waren ihrem Bau nach unerkannt; von andern war die Beziehung zu uns, also auch zu unserm Sternsystem, nicht zu bezweifeln.

Diese Resultate gründen sich auf eine Reihe wirklich angestellter Stern-Zählungen, an verschiedenen Gegenden des Himmels und des Sternenheers. Da die Tiefe des Raums, in welchen die Sterne hinter einander stehen, daraus geschlossen werden sollte, so nannte er sie auch Stern-Aichungen; das Aichen des Himmels. In der Abhandlung 1784 sagte er: da der funkelnde Glanz flimmernder Punkte leicht in der Schäzung ihrer Menge uns verwirren kann, so suchte ich dieß durch wirkliche Zählung aufs Reine zu bringen. Er zählte den 18. Januar 1784 mehrere Felder seines Fern-Rohrs mehr oder weniger reiche von 63 Sternen bis zu 110, wie sie sich in jener Gegend fanden, und berechnete daraus, daß eine Himmelszone von 15 Grad Länge und 2 Grad Breite über 50,000 noch unterscheidbare Sterne enthielt.

Diese Zählungen hängen von der Kraft des Fern-Rohrs ab, ein schwächeres wird überhaupt weniger, also in einem und demselben Gesichtsfeld weniger sehen. Das Gesichtsfeld ist hier die Basis eines Kegels, dessen Spitze am Auge befindlich ist. Jene wird desto weiter in der Tiefe des Himmels sich befinden, je weiter das Fern-Rohr reicht, und daher wahrhaft eine immer größere Basis auch am Himmel umfassen. Alle Schlüsse aus den Zählungen gezogen (oder den Aichungen) gelten also allerdings nur für den Be-

*) Die Sammlung der von den Franzosen entdeckten Nebeln, die sich in der Connoissance des temps 1784 findet, ist im folgenden immer unter dem Namen französisches Verzeichniß aufgeführt.

reich des Fern-Rohrs; hat man aber über diesen einige Ueberzeugung sich verschafft, so sind die Schlüsse, was man auch für Ansichten über die Natur der Sterne haben mag, von großer Wichtigkeit. Bey diesen Sternzählungen untersuchte, an den weniger gedrängten Stellen, Herschel gewöhnlich 10 Felder, ein Mittel daraus nehmend; auch 7 oder 5, wenn aber die Gedrängtheit der Sterne zu groß war, wohl auch nur ½ oder ¼ eines Gesichtsfeldes.

In der That ist die Menge und das Gewimmel der Sterne an reichen Gegenden unermeßlich. Mit dem hellen Sterne Wega in der Leyer sind fast anderthalbhundert im Gesichtsfeld; es gab Felder, die fast 600 Sterne faßten; und eine Zone von nicht ganz 3 Grad Breite, die in 15 Minuten Zeit durch das Fern-Rohr wanderte, in der Gegend des Adlers enthielt etwa 100,000 Sterne. Von der reichen Stelle zwischen den Sternen (γ) und (β) im Schwan schätzt er auf 258 tausend Sterne, diese wanderten in 41 Minuten durch das Feld des Fern-Rohrs.

Um dieß Unternehmen der Stern-Aichungen, das Einzige in seiner Art, zu erläutern, und um den unermeßlichen Reichthum an Sternen, den der Schauplatz des Himmels uns darbietet, auch nur einigermaßen — wenn es möglich wäre — durch Zahlengrößen anschaulich zu machen, habe ich nach der Beylage *) über die Menge der wirklich gezählten Felder, der daraus sich gebenden Sternmenge, die Herschel wirklich gezählt hat, Bericht beygefügt, in untenstehender Note. (* 3)

Erstaunen war es auch, möchte man sagen, was vorzüglich dieß Unternehmen anregte und aufregte. Wie ein unantastbarer Schatz lag die Sammlung dieser Stern-Aichungen — die in der Beylage, um etwas die Uebersicht zu erleichtern, nach der Distanz vom Pole geordnet sind — bewundert; nicht als Führer in jenen fernen Gegenden angenommen und benützt. Nur Herschel entwickelte Resultate. Aber noch immer giebt der jetzigen und der Nachwelt diese Sammlung Stoff zur Verarbeitung. Es liegt wirklich etwas Großes darin, nicht von einzelnen Sternen Kunde und Aufschluß über die Geschichte und die Bildung des Himmels zu holen; sondern gleichsam das ganze Heer derselben nach seiner Gedrängtheit und Stellung zu fragen. Jahrhunderte schließen uns vielleicht die Geschichte eines Sterns auf; Jahrtausende nur die Veränderungen, die in ihrer Gesammtheit erschienen, die Geschichte des Himmels, wenn diese Stern-Aichungen Herschels dann mit dem Himmel wieder verglichen werden.

Für uns ist wichtig und schon jetzt erkennbar das Verhalten der beyden Pole unseres Systems und der Milchstraße in der Gegend der Berenice; der entgegengesezten Stellen des Himmels in Beziehung auf Gleichförmigkeit; ausgezeichnete Gegenden hat schon Her-

*) Siehe die Beylage I.

schel in seinem Verzeichniß aufgeführt; eine Vergleichung dieses Stern-Reichthums, nach seiner Lage gegen die Sterne, welche die Sternkunde seit Jahrtausenden kennt, möchte uns vielleicht lehren, ob sie nicht zum Theil die herrschende Sterne dieser Gegenden sind.

Einige *allgemeinere Ergebnisse* dürfen hier aufgeführt werden. Die Aichungen *Herschels* zeigen deutlich, daß an beyden Polen, gleicher Weise, die Sternschichte sternleerer ist, daß sie von den Polen an mit einiger Regelmäßigkeit zunimmt. Ueber die Lage unserer Sonne in dieser Schichte giebt uns dieß Verhalten also keinen Aufschluß. *Herschel* drückt sich so aus. „Ich muß bemerken, daß eine auffallende Klarheit oder Reinheit am Himmel eintritt, wenn wir aus unserer Schichte nach ihren Seiten hinblicken, gegen den Löwen, die Jungfrau, die Locken der Berenice auf der einen Seite, auf der anderen Seite gegen den Wallfisch; wogegen der Grund des Himmels gegen die Länge der Schichte zu getrübt erscheint.“ Das Dämmern ferner Sterne ist davon Ursache; wie auch wirklich die Beobachtung zeigte, wenn solche getrübte Stellen untersucht wurden.

Eine merkwürdige *Leerheit* findet sich an einigen Stellen des Himmels am entschiedensten im Scorpion, nahe der Milchstraße. *Herschel* berichtet: „In dem Sternbild des Scorpions ist eine Oeffnung im Himmel oder ein Loch. *) Ich fand es, als ich im Parallel von 112 bis 114 aichte. Als ich mich der Milchstraße näherte, beliefen sich die Aichungen gewöhnlich auf 9,7 bis 17,1; als sie plötzlich auf Null herabsanken, einige wenige große Sterne ausgenommen; dadurch stiegen sie auf 0,5, 0,7, 1,1, 1,4, 1,8, dann erhoben sie sich wieder auf 4,7, 13,5, 20,3, und bald *darauf* sogar 41,1. Diese Oeffnung ist wenigstens 4 Grad breit, aber ihre Höhe ist bisjetzt noch nicht bestimmt. Es ist merkwürdig, daß der 80ste Nebel in dem französischen Verzeichniß — welches einer der reichsten und gedrängtesten Haufen kleiner Sterne ist, dessen ich mich je erinnere gesehen zu haben — gerade an der westlichen Seite dieser Oeffnung liegt, und uns zu der Vermuthung berechtigt, daß die Sterne, aus welchen er besteht, aus dieser Gegend sich zusammengesammelt, und die Leerheit übrig gelassen haben. Die Vermuthung wird verstärkt, dadurch, daß dasselbe Phänomen sich bey dem 4ten Nebel, desselben Verzeichnisses, wiederholt; er befindet sich gleichfalls am westlichen Rande einer Stern-Lücke, und hat überdieß einen kleinen, gleichsam Miniaturhaufen nordöstlich von 2½ Min. Durchmesser bei sich.“ Diese Erscheinungen haben ähnliche an andern Stellen der Milchstraße, wie wir weiterhin sehen werden.

Wir sind wahrhaft *innerhalb dieses Systems* der

---

*) Siehe Abhandlung 1785 über den Bau des Himmels S. 256.

Milchstraße. Nach allen Richtungen hinaus, entgegengesetzte Strahlen ziehend, treffen wir — nach dem Ergebniß der Aichungen — auf Sterne; und obgleich das Gesetz dieser Durchmesser uns keineswegs bekannt ist, so zeigt doch schon die Gestalt, die fast ein Kreis ist, daß unsere Stellung nicht sehr an den Seiten des Systems sich befinde. Eine Bemerkung, die von den ältesten Zeiten an sich dem Beobachter darbot.

Das Gesetz der Vertheilung, welches die Sterne in diesem System befolgen, war vielfach Gegenstand der Untersuchung. Herschel, dessen klarer Geist die Verständlichkeit und Anschaulichkeit einer Sache einfach darzustellen im Stande und geübt war, hatte sich einige Bilder entworfen, wornach die vollkommen gleiche Distanz der Sterne von einander innerhalb gewisser Räume dargestellt wurde. *) Das Eine beruht auf den Bau des rechtwinkligen Kegels, auf dessen Basis um dem Mittelpunkt herum sechs Sterne stehen, und an der Spitze einer; setzt man diese Anordnung fort, so erhält man ein Sternsystem nach dem Gesetz gleicher Vertheilung, in welchem jeder Stern von 8 andern, in gleicher Distanz, umgeben ist. Die andere Darstellung beruht auf der regulären Pyramide, an deren 4 Ecken Sterne gestellt sind; setzt man dieß auf gleiche Weise fort, so erhält man ein Sternsystem nach dem Geseze der gleichen Vertheilung, in welchem — wenigstens im Innern des Systems — ein Stern von 12 andern, ihn umgebenden, gleich weit entfernt ist.

Daß die Vertheilung der Sterne durch den ganzen Zug der Milchstraße nicht gleich seyn kann, ergiebt eine auch nur eine oberflächliche Untersuchung. Die Anordnung der Sterne zeigt in dieser unermeßlichen Schichtung **) deutliche Spuren von Kräften, welche die Sterne, in abgesonderte, sich losmachende Haufen, zusammenführen. Dieß zeigt sich zum Beyspiel auffallend bey dem oben angeführten ungeheuren Sternheer bey (β) und (γ) Schwan, das sich gegen zwey Seiten hin in zwey Theile in Haufen sammelt. Die Sterne, die wir mit bloßem Auge sehen, zeigen auch kein bestimmtes Gesetz in ihrer Vertheilung. Herschel hat in einer spätern Abhandlung ein neues Prinzip, an die Stelle des Prinzips der gleichen Vertheilung nach Distanzen, in Betrachtung gezogen; man könnte es das Prinzip der gleichen Vertheilung nach dem Cubus oder der dritten Potenz nennen. Jedem Stern muß zu seiner Bildung, oder zu den zusammengesetzten, die an seiner Stelle entstanden, ein gleicher Theil des Raums angewiesen werden, ohne eine Gleichheit der Distanz der einzelnen von einander; die Sternmengen in verschiedenen Räumen verhalten sich dann wie die Cubi der

*) Abhandlung v. J. 1785.
**) Siehe Abhandlung 1802. §. 4.
***) Siehe Abhandlung 1817. §. 8.

Radien, oder der Distanzen der äußersten Sterne von dem angenommenen Mittelpunkt. Unter der gewöhnlichen Voraussetzung, welche Größe, Glanz und Entfernung der Sterne von uns für gleichbedeutend hält, hat sich aus Vergleichung mit dem großen Bodeschen Sternverzeichniß folgendes ergeben:

Größe oder Distanz der Sterne.	Menge derselben nach		Total = Summe aller nach	
	Theorie.	Bode's Atlas.	Theorie.	Bode's Atlas.
1	26	17	27	18
2	98	57	125	84
3	218	206	343	289
4	386	454	729	743
5	602	1161	1336	1904
6	866	6103	2197	8007
7	1178	6146	3375	14153
12	3458		15625	

Herschel bemerkt, daß der Catalog mit dem Prinzip, was die Total=Summe aller Sterne betrifft, bis zur 4ten Klasse übereinstimme; die Vertheilung nach einzelnen Klassen stimme weniger; dieß komme vielleicht daher, daß die größern Sterne sich schwieriger nach Glanz ordnen lassen; auch sey eine absolute Gleichheit der Sterne nach Glanz und Größe (gemäß dem oben angeführten Prinzip) für diese Bildungen nicht vorauszusetzen. Das Ergebniß *) dieser Vergleichung ist; daß anfangs eine stufenweise später aber eine plötzliche Zusammendrängung der Sterne Statt findet, in Beziehung auf die Gegend, in welcher wir uns befinden. Allein, nach dem angenommenen Prinzip, bezieht sich alles nur auf relative Distanzen, und man könnte daher die Sterne der höhern Ordnungen als weiter von uns entfernt annehmen, als die der niedern. Endlich **) giebt die Theorie das gesammte Heer aller Sterne bis zur 12ten Ordnung oder Distanz auf 15625 an, was der Bode'schen Zahl ziemlich nahe kommt, aber hieraus erzielt sich eine noch größere Zusammendrängung in den höhern Regionen; doch an ungleichen Stellen, weil die Astronomen nachweisen, daß die Sterne 6ter, 7ter Größe über gar viele Gegenden des Himmels gar spärlich vertheilt sind. Man kann die Vollständigkeit des Bode'schen Catalogs nicht voraussetzen, also auch nicht der Resultate. Aber das neue Prinzip und die Vergleichung mit der Beobachtung muß in der Folge Früchte bringen.

Ueber diese Sternaustheilung und den innern Verkehr so zu sagen der einzelnen Systeme, die dieß Ganze ausmachen, unmittel=

*) Abhandlung 1817. S. 308.
**) Abhandlung 1817. S. 321.

bare Auskunft zu erhalten, stellte Herschel mit seinem ganzen Apparat eine Reihe *) Beobachtungen über die Milchstraße an, die er in der Abhandlung von 1817 zusammenstellt, wie wir sie hier mittheilen. — " Die Milchstraße erscheint in ihrer Zone als eine Aufeinanderfolge von verschiedenen bald hellern und dunklern lichtzärtern Flecken. Ein sehr heller Fleck ist unter dem Pfeil des Schützen; ein anderer im Schilde Sobieskys, zwischen diesen sind drey ungleich helle Stellen, nordwestlich von (β) und (γ) Adler ist ein heller Fleck, zwischen Adler und dem Schild sind zwey sehr lichtschwache Stellen; eine lange dünne Stelle folgt auf die Schulter des Schlangenträgers; eine helle Stelle ist bey (β) im Schwan, eine dergleichen bey (γ); ein dritter bey (α). Ein kleinerer Weißlicher folgt, ein großer gegen die Kassiopea, zur Seite ist ein lichtschwacher, ein zweyter gegen Kassiope, und ein dritter in diesem Sternbild selbst; eine sehr helle Gegend ist beym Degengriff des Perseus, und (α) (γ) Kassiopea schließen einen dunklen Fleck ein. Die Breite der Milchstraße ist sehr ungleich, an einigen Stellen nur 5 Grad, in andern 10 ja 16. Sie zieht sich durch eine Strecke von 120 Grad in einem getrennten sich unabhängig bildenden Strom, dessen Zweige im Sternbild des Schlangenträgers und Antinons sich über mehr dann 22 Grad ausbreiten.

So erscheint dem unbewaffneten Auge dieß wunderbare Ganze. Herschel giebt hierauf eine Reihe teleskopischer Beobachtungen, nach der sinnreichen, aber nur dem Besitzer eines manichfaltigen Apparats, ausführbaren Methode, von dem schwächsten Fern-Rohr anfangend immer fortschreitend in die Nacht eindringend, und immer zärtere und feinere Bildungen an dem untersuchten Gegenstande ergreifend.

Die Stelle im Degengriff des Perses zeigt im Finder je nach verschiedener Oeffnung desselben mehr und mehr Sterne. Das stärkere Nachtfernrohr zeigt mehrere Sterne, und ein weißlicher Schein dämmert hervor, Wolkiges, wahrscheinlich Sternanhäufungen tritt ein. Im 7füßigen wimmeln immer mehr Sterne heran, Nebel, und einzelne kaum noch blinkernde unterscheidbare Punkte. Der Zehnfüßige erkennt schon die Sterne von ungleicher Größe, einige werden immer heller, das Weißliche Neblige verschwand; als er immer mehr Lichtstärke gab, und fortschritt, so wurden die vorher kaum erkennbaren Punkte deutlicher, und es zeigt sich nun aufs neue Nebliges. — Er giebt sodann als Zusatz zu den Stern-Aichungen einige neue; und beschreibt dann einige Stellen. Zwischen Kassiopea und Cefeus scheinen die größern Sterne von der 9ten und 10ten Größe zu seyn; die kleinern werden stufenweise immer kleiner, bis sie das Auge gänzlich verliert. Dieß giebt zu der Ansicht Veranlassung, es sey in jener Ferne, ein sehr tiefer sich ab-

*) S. die Abhandlung 1817 den ganzen Abschnitt 9.

sondernder und in Bildung begriffener Sternhaufen. In der Gegend des Adlers sind die Sterne so zart, daß er die Gränze der Milchstraße nicht erreicht zu haben glaubt, indem noch unsichtbare jenseits des Raums, in den sein Fernrohr dringt, vermuthet werden.

Die Beobachtungen, welche Herschel mit dem 40füßigen Telescop angestellt, gebe ich hier vollständiger, indem sie über die Anordnung ein entschiedenes Licht verbreiten. In der Nähe der Zwillinge *) scheinen nun die blinkernden Sterne der Milchstraße allmählig anzudrängen, die meisten sind sehr klein, nach 4 Minuten mischen sich größere unter sie. Diese Stelle ist in unsern Karten noch nicht in der Milchstraße, diese ist also für die Telescope um 6 bis 7 Grad breiter. Dagegen tritt im Adler **) die Milchstraße sehr plötzlich ins Fernrohr mit wunderbarem Gewimmel sehr kleiner Sterne, unter welchen sich mehrere von allerhand Größen befinden. — In einer Stelle des Orions ***) sind die meisten Sterne größer als gewöhnlich, doch enthält die ganze Breite (2 Grad 29 Min.) der untersuchten Zone eine Mischung von allen Größen. Daraus schließt Herschel, daß das Sternbild des Orions uns am nächsten ist — der Anblick einer Stelle in der Brust des Einhorns ****) deutet auf einen Bruch oder leeren Raum zwischen uns und der Milchstraße. Eben so wie in der Krone des Cefens *****) eine Gegend zwischen uns und der Milchstraße sich befindet, die nicht gleichförmig mit Sternen besäet ist. — Aeußerst reich ist die Milchstraße am Hals des Schwan's ******), im Gesichtfeld finden sich 612, die ganze Breite der Zone ist so reich. Auch im Flügel des Adlers †) ist großes Gewimmel, die Sterne sind aber zu klein, um sie zu zählen; wahrscheinlich sind 600 im Gesichtsfeld, 9 Min. lang dauert dieser Reichthum durch die ganze Breite der Zone. Weiter gegen Norden im östlichen Flügel des Schwans ††) ist sie minder reich; sehr reich im Schwanz des Schwans †††), aber ungleich zerstreute Sterne. An dem Stuhl der Kassiopea ††††), und Brust des Einhorns †††††) ist sie mehr oder minder reich, man wird aber

*) A. R. 4 Std. 39 Min.; Polar-Distanz von 64° bis 66° 12′. 1785. 7. Dec.
**) A. R. 18 Std. 59. Min.; P. D. 84° 15′ bis 86° 17′. 1791. 21. Aug.
***) A. R. 5 Std. 17 Min.; P. D. 89° 28′ bis 91° 47′. 1786. 1. Jan.
****) A. R. 6 Std. 49 Min.; P. D. 87° 37′ bis 89° 55′. 1786. 27. Dec.
*****) A. R. 22 Std. 14 Min.; P. D. 35° 18′ bis 38° 50′. 1787. 14. Oktbr.
******) A. R. 19 Std. 46 Min.; P. D. 52° 29.′ 1792 den 15. Septbr.
†) A. R. 19 Std. 35 Min.; P. D. 75° 5′. 1792 den 22. Aug.
††) A. R. 20 Std. 43 Min.; P. D. 54° 15′ bis 57° 1′. 1784. 13. Sept.
†††) A. R. 21 Std. 13 Min.; P. D. 43° 35′ bis 46° 13′. 1787. 19. Okt.
††††) A. R. 23 Std. 40 Min.; P. D. 29° 13′. A. R. 0 14.; P. D. 29 51. A. R. 0 27.; P. D. 30 5. 1788. 26. Nov.
†††††) A. R. 6 Std. 36 Min.; P. D. 88° 5′. 1786. 27. Dec.

schon gewahr, daß hier die Sterne bereits anfangen, sich von der übrigen Masse der Milchstraße zu trennen, und in einzelne abgesonderte Haufen zu sammeln.

Dieß führt uns unmittelbar zur Betrachtung der Sternhaufen in der Milchstraße. Es sind dichtere gedrängtere Ansammlungen von Sternen, die sich aus den Umgebungen des großen Sternlagers frey gemacht, in Folge dauernder Wirkung von attractiven Kräften, oder in der ersten Bildung größerer Systeme schon der Anlage nach vorhanden. Herschel führt 157 in der Milchstraße, und 68 in der Nähe derselben auf, dazu kommen noch die von den französischen Verzeichniß an der Zahl 50. Wie aus einem allgemeinen Nebel sich einzelne Wolken bilden, die sich trennen, sich erheben, und mancherley Gestalt, Lage, Umriß und Stellung annehmen; oder wie ein ungeheurer Fels verwittert zerfallend in Schichten und Höhlungen; oder wie eine flüßige Metallmasse allmählig beym Gerinnen an einzelnen Punkten mehr sich verdichtet, und die allgemeine Gleichförmigkeit, durch unterscheidende Gestaltung, besondere Stellen unterbrechen, damit eine Wirkung nach außen eingeleitet werde, so in diesem fast unergründlichen Sternlager die Sternhaufen. — Herschel ordnet sie (* 4) nach der Regelmäßigkeit ihrer Ausbildung, Gestalt, Anordnung der Sterne, Gedrängtheit derselben. Daraus lassen sich die Kräfte, welche hier wirkten, erkennen. — Er unterscheidet dann die Größe der Sterne, in Beziehung zur Gedrängtheit oder Zerstreuung, die Freyheit in diesen Bildungen andeutend. — Das wichtigste Element ist der Durchmesser oder die wahren Abmessungen dieser losgerissenen Systeme; ist noch etwas Gesetzmäßiges in ihrer Lage, so wird ein Anhalt weiter für unsere Betrachtung sich ergeben. Man muß sich dabey erinnern, daß diese Gebilde, meist dem bloßen Auge unsichtbar, nur aus Lichtpunkten zusammengesetzt sind, und selbst noch in den Fernröhren der Franzosen, bloß als neblige Gestalten erschienen.

Ehe in diesen Sternhaufen die reine Kugelform und die größte Zusammendrängung in der Mitte erreicht ist, erscheinen mancherley Formen, und Stufen, irreguläre Zerstreuung der Sterne, dann gedrängtere Mitte ohne runde Form. Da die Kugelform die künstlichste und merkwürdigste ist, will ich die Herschelsche Beschreibung mittheilen. *) Die Beobachtung ist vom 4. Oktober 1810, mit dem 40füßigen angestellt, Vergrößerung 280. Nachdem ich hinlängliche Zeit am Telescop gewesen war, um das Auge gehörig für den Anblik kleiner Gegenstände vorzubereiten, kam der 72te aus dem franz. Verzeichniß

---

*) Abhandlung 1814. §. 16.

ins Gesichtsfeld: ein sehr heller Gegenstand — es ist ein Sternhaufen von runder Figur, doch sind die sehr dünnen Sterne an der äußern Seite der kugeligen Haufen meist ein wenig zerstreut, und weichen von der vollkommenen Kugelform ab. Telescope von großer Lichtstärke zeigen dieß am besten. Er ist sehr allmählig äußerst verdichtet in der Mitte, aber mit großer Aufmerksamkeit kann man sogar dort die Sterne unterscheiden. Es sind mehrere Sterne zugleich mit ihm im Gesichtsfeld, aber sie sind von allerley Größe und gänzlich verschieden, von den äußerst kleinen, welche den Sternhaufen bilden. Es ist nicht möglich, sich eine Vorstellung von der Menge der Sterne zu machen, die in einem solchen Haufen sind. Doch ich denke, wir können sie nicht nach Hunderten schätzen. Der Durchmesser ist ungefähr 1/8 des Gesichtsfelds, dieß giebt 1′ 53″ 6‴. — Es finden sich dagegen Gestalten, die selbst etwas Zufälliges haben, und wohl auch nur Folge unserer Stellung und perspektivischer Schein sind. Kl. VII, 26. zeigt die Gestalt eines *Hacken*; Kl. VIII, 35. eine *gekrümmte* Figur 20′ lang; Kl. VIII, 50. eine *breite Reihe* 25 Min. lang, 6—8 Min. breit, ziemlich reich; Kl. VIII, 36. Gestalt eines *rechtwinklichten Dreyecks*, große grobzerstreute Sterne; Kl. VI, 4. ein *Parallelogramm* 6 Min. lang, 4 Min. breit; sehr gedrängt äußerst kleine Sterne, diese Form findet sich öfter; Kl. VIII, 44. sind die größern Sterne unter den andern, wie nach einer *Linie* geordnet; Kl. VII, 2. ist eine *gewundene Linie*; Kl. VII, 55. und VI, 33. haben einen *leeren Raum* in ihrer Mitte; Kl. VII, 49. ist einigen bedeutend großen Sternen, und äußerst kleinen, die kaum zu sehen sind; die größern haben sich in einen Kreis *geordnet*, das Ganze hat einen Durchmesser von 3—4 Min. Durchmesser. — Man könnte, was das *Innere dieser Sternhaufen* betrifft, einige Bemerkungen machen; die Zerstreuung, oder Gedrängtheit der Sterne scheint in gar vielen Fällen mit der Größe der Sterne parallel, wie die Ansicht des Verzeichnisses nach den verschiedenen Gestalten ergiebt; wie denn bey den äußerst gedrängten sich meist auch äußerst kleine Sterne befinden, doch finden sich auch *Mischungen von Sternen* verschiedener Größe, bisweilen ein überwiegender. Die größern Durchmesser finden sich gleichfalls im Allgemeinen bey den größern Sternen, und bey größerer Zerstreutheit; nur ein einziger Haufen von äußerst kleinen Sternen erreicht den Durchmesser von 10 Min. Dagegen zeigt sich in dem Reichthum der Sterne, in diesen Gestalten, eine weit größere Abwechslung. Die reine Kugelform, die überwiegende Gedrängtheit muß um so mehr nur in einem kleinern Durchmesser erscheinen, da schon dieselbe mit Sternen erfüllte Kugel in größerer Nähe gesehen, nach Gesetzen der Perspektive wieder gedrängt sich zeigt.

Ueber die Gesetzmäßigkeit der Lage dieser Sternhaufen in ihrer Beziehung zur Milchstraße lassen sich um so mehr nur unentschiedene Schlüsse ziehen, da das Ganze der Milchstraße nicht untersucht worden. Daß die Sternhaufen nicht überwiegend an den oben angeführten gedrängtesten Stellen des Adlers, des Schwans sich befinden, verdient bemerkt zu werden; so wie, daß die Gegend des Orions hier entscheidend sich auszeichnet; schon oben sahen wir, daß dort die Milchstraße uns näher ist, jene Lichtwolken gleichsam sich über uns herabsenken, dort finden sich auch die meisten Sternhaufen; wie wenn die Schichtung zum Wesen der Milchstraße gehörte; diese Schichtung von verschiedener Größe ungeheure Sternsammlungen in sich trüge; dann wieder im einzelnen sich kleinere Sternsysteme und Haufen als immer mehr herabsteigende Bildungen entwickelten.

Gestützt auf die vorhergehenden Beobachtungen, können wir zu den Betrachtungen über den innern Bau und die Abmessungen dieses Systems der Milchstraße uns wenden.

Es ist kein durch und durch gleichartiges Wesen, keine Schichte, in der sich in reiner Gleichförmigkeit das Sternlicht ausgebreitet, kein mit abgesonderten, eigenthümlich sich absondernden, regelmäßig und einförmig ausgefülltes sphärisches Ganze, oder in mehr oder weniger dichten Schichten Fortschreitendes. Die hellen und dunklern Stellen; der größere und geringere Reichthum und Gedrängtheit der Sterne; das zufällige Umherstreuen der Sternhaufen; die entschiedene Trennung der Zweige; Die ungleiche Breite; die sternleeren Gegenden, ja die Finsterniß an einigen Stellen; das bald plötzliche, bald allmählige Heranschwellen und Wimmeln der Sterne an den Seiten dieses Lichtgürtels; die Erscheinung, daß nach der Richtung der Tiefe über große Räume nur Sterne von gleicher Größe vertheilt sind, das Verhalten der glänzendern Sterne innerhalb, und in den Umgebungen, die, wie beziehungslos, sich am Himmel lagern. — Wer wagt es, nach diesen Erscheinungen das Gesetz, die entscheidenden Punkte und Achsen, die Umrisse und den Gehalt dieses Ganzen zu bestimmen? Alle Regelmäßigkeit scheint verschwunden! Der Strom eines unermeßlichen Ueberflusses kennt keine Beschränkung, und die Blüthen, die der Wind vom reichen Baume weht, streuen ohne Ordnung sich auf die Erde.

Hier ist der Ort von Herschels früheren Bemühungen zu reden, aus seinen Aichungen die Tiefe, oder den Radius des Sternlagers in den verschiedenen Stellen zu bestimmen, und demgemäß seine Umrisse anzugeben. Aus der Menge der Sterne im Gesichtsfeld — welche die Aichung eben angiebt — läßt sich die Menge der Sterne in dem rechtwinklichen Kegel bestimmen, der dieselbe Höhe oder Tiefe hat, wie

der Kegel, dessen Basis das Gesichtsfeld, und dessen Spitze das Auge. Sein Inhalt ist bey dem Herschelschen Gesichtsfeld 205379 mal größer. Nun läßt sich, wenn man das oben angeführte Prinzip der gleichen Vertheilung annimmt, die Höhe dieses Kegels aus der Sternmenge finden, da sie einzig wie der Cubus sich verhält. Folgende Tafel enthält die Resultate: ich habe sie für eine Stern-Kugel von derselben Tiefe oder Radius — welche Herschel auch Gesichtslinie oder Sondirungslinie nennt — aufgeführt, indem ich sie 4mal größer annahm; auch habe ich kleinere Tiefen noch hinzugefügt, und das Gesichtsfeld zulezt gestellt.

Tabelle über die Menge der Sterne in einem kugligen Sternhaufen unter Voraussetzung gleicher Vertheilung der Sterne.

Radius der Kugel.	Stern-Mengen		Radius der Kugel.	Stern-Mengen	
	in der Kugel.	im Gesichtsfeld.		in der Kugel.	im Gesichtsfeld.
1	32	$0,03^3$	14	13 500	$0,25^3$
2	108	0,05	15	16 384	$0,27^3$
3	256	0,07	16	19 652	$0,29^3$
4	500	0,08	50	530 604	0, 6
5	864	0,10	100	4′ 121 204	4, 8
6	1372	0,12	200	32′ 482 404	38, 5
12	6912	0,22	500	503′ 006 004	600,
13	10976	0,24	900	2925′ 730 804	3581.

Herschel erkannte später, (* 5) daß das Resultat der Aichungen sich auf die geringere oder größere Gedrängtheit oder Reichthum der Sterne, ohne Beziehung auf die Tiefe, zurückführen ließe. Wenn das Gesetz der Zusammendrängung nur gleichförmig fortschreitet, so können die Resultate der obigen Tafel immer noch gelten; so lange man die Sternmenge nur noch der dritten Potenz der Distanz oder des Radius im Verhältniß läßt; es werden sich dadurch die Zahlen der ersten Spalte verkleinern, und dieselbe Sternmenge in eine kleinere Kugel eingeschlossen erscheinen. Welches Gesetz der Zusammendrängung die Natur befolge ist schwer zu ergründen. Wahrscheinlich ists, daß es von der Gestalt abhängt; in der Sphäre hohe Zusammendrängung gegen das Centrum, in der Schichte gleichsam die Zusammendrängung an der Periferie; also daß selbst ein Sternring erscheint. Die Resultate der Tafel können als ein Urtypus oder Normalgesetz, das für den Stand des Gleichgewichts gilt, und das die Natur bald disseits bald jenseits überschreitet, betrachtet werden. In dieser Hinsicht führe ich noch einige Bemerkungen an: so wie die Natur in cubischen Verhältnissen fortschreitet, so scheinen ihre ersten Anstrengungen über-

mäßig, dieß liegt aber in dem Wesen der Zahlen. — Man wird aus den Anhängen ersehen, in dem Verzeichnisse der Beilage I., daß auch immer die geringsten Stern-Mengen an den Polen der Milchstraße über 2 Sterne betrugen, also, wenn wir das Gesetz der Tafel annehmen, unsere Schichte an den uns nächsten Stellen, wenn wir ihr nur 74 Sternweiten geben, über anderthalb Millionen Sterne enthält. Der Sternhaufen, den wir oben betrachtet haben, ließe sich allerdings in das Gesetz dieser Stern-Vertheilung bringen, da ihm Herschel eine Stern-Menge gibt, welche nicht nach Hunderten sich schätzen läßt; denn wenn wir ihm nur 13 Sternweiten im Radius geben, nach dem Maaßstab seiner Sternweite, so enthält er bereits eine Menge von 10,000 Sternen, welche eben das große Gewimmel hervorzubringen scheinen.

Ueber die Unendlichkeit dieser Sternschichte kann die Frage sich nunmehr einfach behandeln. Herschel hat wirklich ihre Gränze erreicht. Wäre übrigens dieses zusammengesezte Ganze unendlich nach einer Dimension, oder nach zweien, so müßte, es möge nun linsenförmig oder kreisförmig gebildet seyn, ein Lichtschimmer, wie ein heller undurchdringlicher Lichtfaden sich zeigen, da nach den Gesetzen der Perspective die Breite dieser Linse uns auf unserm Standpunkt immer dünner und schmäler erscheinen müßte; denn es würde wenigstens ein undurchdringlicher Lichtpol sich finden, wenn das Ganze nur nach einer Richtung unendlich wäre. Eine unendliche Bildung nach einer Dimension ist ein Gedanke, der uns unglaublich vorkommt; eine Bildung, die zu einer ihrer Seiten das Nichts hat, das sich verliert und doch sich wieder entwickelt. Da Herschel Sternhaufen gefunden, die jenseits dieser Schichte liegen, so stimmt ihre Endlichkeit um so mehr mit der innern Getrenntheit ihres Wesens, wie wir es zu Anfang dieser Nummer gesehen.

Noch sind einige kosmogonische Ideen, aus dem Prinzip der Attraktion hergeleitet, die Herschel über die Bildung der Sternsysteme aufstellte*), nicht mit Stillschweigen zu übergehen. (Sollte man anstatt Stern ein Ur-Element der Materie setzen, so hat man die, von Kant und spätern und frühern angenommene, Bildungsart aus dem Chaos der zerstreuten Materie.) Herschel stellte fünf Urformen von Sternsystemen auf: das erste ist entstanden, daß Ein durch Größe oder Dichte überwiegender Stern mit kleineren gleichförmig umgeben ist, und sie zu einem regelmäßigen kuglichen Haufen gesammelt; die andere beruht darauf, daß einige Sterne, wiewohl nicht gerade an Dichtigkeit oder Größe überwiegend, näher bei einander sind, als die umgebenden, und um sie her zerstreuten, das ganze Heer wird sich um den gemeinschaftlichen Mittelpunkt herum bilden. Die dritte Form entsteht

---

*) In der Abhandlung 1785; unter der Aufschrift: theoretische Ansichten.

durch das Zusammenwirken der vorher angenommenen Umstände; die vierte Form sagt dasselbe aus, nur werden statt Sternen schon gebildete Sternhaufen angenommen, die nun als Ganze auf einander wirken; die fünfte Form betrachtet die verschiedenen Höhlungen, die dadurch an den Gränzen dieser sich scheidenden Systeme entstehen. Unsere Milchstraße hält Herschel *) für ein System der dritten Form: „Wenn es möglich wäre", sagt er, „Unterschiede zwischen den Theilen eines so ins Unbestimmte sich ausdehnenden Ganzen, wie unsre Milchstraße, das Eiland, das wir bewohnen, anzugeben, so möchte ich sagen, es hat weniger Andeutungen eines hohen Alters als die übrigen sich am Himmel befindenden Sternsysteme. Welche ungeheure Zeit gehört dazu, bis durch die Kräfte der Attraktion — die freiwirkend erst in Millionen Jahren Sirius und Sonne zusammenführte — sich Sterne so gedrängt zusammen finden, wie wir sie anderswo finden; einige Stellen am Himmel, wo gleichförmige regelmäßige Zerstreuung der Sterne statt findet, verrathen gleichsam den Urzustand dieser Schöpfung, die Jugendkraft, Freiheit ohne Form und Verfassung. Anderswo ziehen sich die Sterne bereits nach verschiedenen untergeordneten Centren." Zuletzt **) drückt er sich so aus: „Jezt ist die Milchstraße nicht mehr gleichförmiges Ganze: das blose Auge entdeckt schon von Perses bis Schützen 18 verschiedene Stellen flimmernden Lichts: die Sternhaufen, die sich darin finden, die Punkte mit überwiegender Anziehung, lassen uns die Zertheilung der Milchstraße ahnen (*6). Diese haufenbildende Kraft wirkt ewig fort; die Gebilde werden die einzelnen Formen durchlaufen, und endlich die reine Kugelform wieder annehmen, und die Milchstraße hört auf ein Ganzes zu seyn. Diese Trennung gibt uns einen Chronometer für ihre künftige Entwicklung und ihren vorhergehenden Zustand; und ob wir gleich den Gang dieses geheimnißvollen Chronometers nicht kennen, so ist doch gewiß, daß die Milchstraße nicht immer dauern kann, so gewiß ihr Daseyn nicht von Ewigkeit her ist."

So weit leitet uns die Betrachtung der Milchstraße: die Folge wird zeigen, ob es das einzige System seiner Art ist; ob sich die überwiegende Richtung der Zusammendrängung, nach entschiedener äquatorischer Haltung, sonst noch am Himmel findet.

§. 11. Orions Nebel.

Von diesem allgemeinen umfassenden Sternsystem, das wir eben betrachtet, dessen Gestalt und Bau, so wie seine Entwicklung wir in einigen Umrissen kennen, von dem wir auch, nach seiner gedrängtesten, vielleicht auch tiefsten, Dimension fast gewiß wissen, daß es nur Sterne in sich fasse — wenden wir uns zu den Glie=

---

*) Abhandlung von 1785. S. 255.
**) Abhandlung v. J. 1814. S. 282.

dern des Himmels, denen im Weltbau durch Eigenthümlichkeit der Lichterscheinung und Gestalt eine besondere Rolle bestimmt zu seyn scheint.

Das Merkwürdigste von allen ist die unter dem Nahmen des **Orions Nebels** bekannte Licht-Erscheinung, eine der ersten, welche die Macht des Fernrohrs erreichte, wunderbaren Anblick eröffnend einer begränzten unregelmäßig gestalteten Lichtwolke, schroff aus der Nacht an einigen Seiten hervorbrechend, an entgegengesezten ins Neblige sich verlierend. Man glaubte sich wirklich über die Sphäre der Sterne erhaben, die man als die einzigen Erzeugnisse der Urschöpfung hielt; indem das Licht, das sich in der irdischen Bahn mit dem Trüben und Körperlichen gemischt, wieder aufstieg, die Gegend des Schweren und Trägen verlassend, an Glanz dem geistigen verwandt, das, ohne sich zu verzehren, durch das All drang. Nach der Ausbreitung der beobachtenden, und dem Uebergewicht der, durch Versuche fortschreitenden, Naturwissenschaft, wurde auch der astrologische Glaube von der Macht der **Sterne** darniedergeworfen, und der Gedanke war herrschend, es gibt nur **Sonnen**; überwiegende Körperlichkeit mit überwiegendem Glanze zur Beleuchtung für bewohnte Planeten und ihre zwischen Erd und Himmel und Tag und Nacht hinkriechenden Geschöpfe. Wie einfach schien dieser Gedanke, wie unzählbar oft wiederholt, wie unzerstörbar er unter allen Formen blieb! Und doch war er durch nichts unmittelbar unterstüzte Behauptung; um so weniger, da auch nur nach dem gemeinen astrologischen Glauben über das Planeten-System als Ganzes, das Leuchten der Sonne, die Rolle des Lichts und die Gegenwirkung der Planeten in verschlungenem Wirken verbunden waren. Der einfachste Irrthum und die einfachste Wahrheit, wie nahe verwandt! — Die Entdeckung der Orions Wolke war der erste Keim zu veränderter Ansicht und **Herschel** ist hier der erste, der sie in großer Erweiterung ausbildete. Schon früher als ihn sein rastloser Eifer zu der Erforschung des Himmels führte, hatte er sich diesen Gegenstand erwählt, sieben Jahre früher, als er sich durch die Entdeckung des Uranus der Welt zeigte, er verließ ihn nicht aus den Augen, und er war eine Basis seiner allgemeinen Theorie der Sterne.

Wir heben folgende **Momente** heraus.

Die **Gegend** des Himmels, in welcher dieser Nebel sich findet, und das Sternbild, das ihn aufgenommen, sind die sternreichsten; die herrlichsten Sterne erglänzen dort zu beiden Seiten der Milchstraße; in großer Menge haben sich dort — wiewohl nicht im gedrängtesten Theile jenes Ganzen — unabhängige Sternhaufen gesammelt; eine Menge Sternchen sind selbst über diesen Nebel verbreitet, in nicht großer Zerstreuung; und ein wunder-

bares Stern-Viereck findet sich an seiner glänzendsten Stelle, gleichsam um seinen Ort zu bezeichnen, und des Sternlichts und der nebligen Erscheinung Widerspiel zu deuten.

Seine Gestalt zu beschreiben versagen uns die Bilder, und nur zu sehr erinnern wir uns an die Beschränktheit unserer Lage; nicht einmal die Gestalt einer Wolke kennen wir, da uns nur ein Durchschnitt jedes Gegenstandes bestimmbar, den wir nur von Einer Seite der Perspektive sehen. Die Mathematiker haben sich bemüht, das freilich sehr unbestimmte Problem zu lösen, aus einem einzelnen Durchschnitt durch Ergänzung und Hinzusetzung der andern Dimensionen eine regelmäßige Gestalt aufzufinden, die den übrigen am Himmel ähnlich sey; denn die Unregelmäßigkeit der Figur, unter der uns dieser Nebel erscheint, hat schon zu mancherlei Vergleichungen Anlaß gegeben. Die ältern Astronomen sahen in ihm einen aufgerissenen Rachen, indem sie außer der Gestalt noch die große umgebende Dunkelheit andeuten wollten; er sieht aus wie ein verzerrter Halbkreis oder eine halbe Ellipse, aus der zwei Streifen ausgehen, ungleich, und von unregelmäßiger Weite; es sind zwei ausgebreitete Schmetterlingsflügel mit Nacht zwischen sich; ein dunkler Lichtkegel, über den sich Lichtwolken zu beiden Seiten lagern. Andere zerlegen die Gestalt in einzelne Stücke, um in diesen die drei Urformen des Himmels, die Sphäre, die Schichte, den Ring zu erkennen; die umgebenden Sterne dienen andern zur Deutung; jene saugen gleichsam Strahlen oder Ströme von Licht aus diesem Lichtmeer; eine regelmäßige Gestalt ersinnen andere, die einst in der Urzeit da war, und nun in Auflösung und Veränderung begriffen diese Ungestalt angenommen hat.

Herschel spricht zuerst von diesem „schönen Nebel" in der Abhandlung über den Bau des Himmels*) „Sein Umfang ist über ½ Grad. Sein östlicher Zweig geht zwischen zwei sehr kleinen Sternen hindurch, und zieht sich fort, bis er einem sehr hellen Stern begegnet. Nahe oder dicht an den 4 kleinen Sternen (die aber keine Verbindung mit dem Nebel haben können) ist eine gänzliche Dunkelheit (blackneſs); und in dem offnen Theil, gegen Nordost, ist ein deutlicher kleiner Nebel, etwas gedehnter Gestalt, in einiger Entfernung von dem Rande des großen Nebels, gegen den er sich hinzieht in paralleler Richtung, gleich den Sandbänken, die man an den Küsten einiger Inseln findet." — Dieser Nebel war der erste Gegenstand, auf den er im Februar 1787 sein 40füßiges Teleskop richtete. Die überwiegende Lichtstärke dieses Instruments zeigte ihn von solcher Größe und Glanz, daß — nach diesen Bestimmungen zu urtheilen — wir kaum zweifeln können, er sey der uns nächste aller Nebel. — Es mag be-

*) Abhandlung v. J. 1785. S. 261.

merkt werden, daß drei ziemlich bedeutende Sterne an seinem nördlichen Rande hinziehen, und gleichsam seine Zeichnung begränzen.

Sein Licht. Wenn Herschels Auge aussprechen könnte, das was es gesehen, vereint und verstärkt durch Fernröhre von allen Stufen der Helligkeit und aller Macht der Vergrößerung — dergleichen noch Niemand zu Theil worden — bei der Betrachtung der so mannichfachen Arten von Licht und leuchtenden Körpern, in allen Gegenden und Tiefen des Himmels, so könnten wir eine umfassendere Beschreibung geben, wie von allem, was fürs Auge durchs Wort dargestellt werden soll. — Die hellste Wolke*) dieses Nebels erreicht noch lange nicht den matten Glanz kleiner teleskopischer Sterne, wie man sich überzeugen kann, wenn man die vier Sterne, welche in seinen dunklen Raum eingeschlossen sind, und einige andere in seinen hellsten Stellen, mit dieses Nebel-Lichts höchster Intensität vergleicht. In ihm sind alle Stufen nebligen Glanzes vereinigt; auch ist sein Licht nicht gleichförmig, sondern wenn man seinen weitgedehnten Lauf verfolgt, verliert er sich in dem zartesten kaum sichtbaren Schimmer, dergleichen auch Herschel an andern Gegenden des Himmels gesehen und geahnet hat; aber alle ähnliche Gebilde am Himmel übertrifft er durch seinen Glanz. Es ist wahr, Sternlicht und Nebellicht sind täuschende Gestalten**); denn ein vereinigter Haufen von Sternen betrachtet mit verschiedenen schwächern Instrumenten, wird wie ein Komet, wie ein nebliger Stern oder Nebel, wohl auch dem blosen Auge wie ein dämmerndes Lichtwölkchen erscheinen; wie die Milchstraße und einige Sternhaufen derselben. Gleichwohl muß die Lichtverdichtung an einigen Stellen dieses Nebels zu dem Besondern und Eigenthümlichen desselben gerechnet werden.

Die Stufe der Licht-Bildungen, an deren Gränze dieser Orions Nebel steht, hat Herschel ehemals***) aufgeführt, um das Urtheil gleichsam zum Stehen zu bringen, oder die Zuversicht einer neuen Aussicht zu gründen. Er durchwandert mit uns das — schon im Alterthum berühmte — Sternhäufchen der Plejaden, der Krippe im Krebs, und die hellen Stellen der Milchstraße; wir heften dann unsern Blick auf die theils mit blosem Auge theils mit gewöhnlichen Fernröhren sichtbaren Sternhaufen im Krebs, im Herkules, zwischen dem Bootes und den Jagdhunden. Wir betrachten die folgende Reihe von Herschel entdeckter Sternhaufen, nach seiner Beschreibung hier aufgeführt:

Kl. VII. 17. sehr schön; grob zerstreute Sterne; der gedrängteste Theil nicht in der Mitte.

— VII. 38. schön; bedeutend gedrängte und reiche Mitte; sechs kleine Sterne verschiedener Größe 10—12′ Durchm.

*) Abhandl. v. J. 1811. §. 3.

**) Abhandl. v. J. 1818. §. VI.

***) Abhandl. v. J. 1791. S. 72. Siehe das folgende Buch.

Kl. VII. 41. klein; ziemlich gedrängt; sehr kleine Sterne; äusserst reich; der gedrängte Theil 4—5′ Durchmesser.

— VI. 20. bedeutend hell; irregulär rund; große Menge Sterne sichtbar; Haufen sehr kleiner Sterne.

— VI. 10. bedeutend groß, sehr gedrängt; die kleinst denkbaren Sterne.

— VI. 35. klein; sehr dünne Sterne; äußerst gedrängt.

Nachdem wir diese, wahrhaft aus Sternen erwiesenermaßen bestehenden Lichterscheinungen betrachtet, wenden wir uns zu folgenden, wahrscheinlich in Sterne auflöslichen Nebel, die Sterne verschwinden aber dem mit dem 20füßigen bewaffneten Auge.

Kl. I. 213. sehr glänzend; bedeutend groß; gedehnt, SW. bis NO. hat 3—4 helle Kerne.

— I. 33. hell; groß, sehr gedehnt; stufenweise heller in der Mitte.

— I. 48. hell; groß, rund, stufenweise heller in der Mitte.

— II. 12. ziemlich hell, bedeutend groß, etwas gedehnt; viel heller in der Mitte.

— II. 756. ziemlich hell, ziemlich groß; irreguläre Figur.

— II. 150. dünn, ziemlich groß, rund.

—III. 18. sehr dünn, bedeutend groß.

—III. 140. sehr dünn, sehr klein; nördlich voran ein ziemlich heller Stern.

—III. 725. äußerst dünn, bedeutend groß, irregulär rund; etwas heller in der Mitte, 3′ Durchmesser.

Nachdem diese Stufen der Helligkeit in den Sternhaufen und Nebel das Auge durchlaufen, stelle es sich vor den Nebel im Orion! und nun urtheile es über das Wesen desselben, seine Gestalt, Umfang, Lichtabwechslung, Mangel an Kernhaftem und Regelmäßigen im Auge fassend, ob es ein Wesen eigener Art sey?!

Und eben der große Umfang ist das lezte Moment unserer Betrachtung; denken wir uns dieß Ganze als seitwärts von uns betrachtet, oder mit seiner Achse gegen uns gekehrt; denn es wäre auffallend zu behaupten, daß unsere Gesichtslinie gerade senkrecht auf seiner größten Dimension stünde.

Die Theorie des Lichts ist die Theorie des Himmels; seine Verwandlungen, seine Verbindungen mit den mannichfaltigen Gestalten des Irdischen, Dunklen und Körperlichen machen die Geschichte des Himmels. Das Wesen dieser Lichterscheinung im Orion zu erkennen, wäre der erste Schritt zu dieser Geschichte.

Herschels Ansicht, wie wir oben angeführt, ist wie der ältern, daß es keine Lichtumhüllung der Sterne, die sich darin befinden, kein atmosphärisches Gebilde derselben sey; die Gestalt, die unbezügliche Verdünnung und Verdichtung dieser Lichtwolke in verschiedenen Stellen, der ungeheure Umfang sprechen gegen diese

Annahme, so wie gegen die eines Körpers, der entweder selbst leuchtet oder von benachbarten Sonnen schwach erleuchtet wird.

Die Veränderlichkeit dieses Nebels ist eine andere Behauptung Herschels. In der Abhandlung vom Jahr 1802 sprach er zuerst davon, und stellte einige Vergleichungen der Umrisse an, behauptete aber zugleich den allgemeinen Bestand der Figur seit ihrer Entdeckung, wenn man auf die Verschiedenheit der Telescope Rücksicht nehme. In der Abhandlung von 1811 gibt er eine genauere Kunde von diesen Veränderungen. Die Wichtigkeit, oder vielmehr das Ungeheuere dieser Erscheinung — wenn man die Entfernung dieses Wesens betrachtet — das Sonderbare, wenn man die Art ins Auge faßt, fordert die Beweise genauer und ausführlicher zu hören. Herschel führt drei Haupt-Momente an: die eine Erscheinung ist, das veränderliche Licht einiger Sterne, die nicht weit vom Rande des großen Nebels stehen; sie waren bald frei, bald gehüllt in nebligen Duft. — Das andere Phänomen sind Veränderungen in der Gestalt und Anordnung dieses Nebels, von Herschel selbst beobachtet. — Das dritte bezieht sich auf widersprechende Zeichnungen dieses Nebels in älterer und neuerer Zeit. (*7)

Wenn diese Beweise nicht alle gleich streng sind, da der Zustand des Auges, des Fernrohrs, der Atmosphäre und wohl auch höhere Einflüsse, hier in Betracht kommen, so geht aus Herschels Beobachtungen dieß, auch nur dieß hervor, daß der Bestand dieses Nebels seit 30 Jahren — ob durch stufenweises Fortschreiten? — sich geändert hat. Keine plötzliche, schnelle Veränderungen, pulsirende oder blitzähnliche Erscheinungen, kein Schwanken oder Hin- und Her-Weben, wie bei Wolken oder Stürmen, sind durch die Beobachtung angegeben. Diese Veränderungen, die auch nur theilweise statt fanden, gehören also in die Reihe derer, die wahrscheinlich ein Fortdauerndes in sich haben; und Orions Nebel bleibt um so mehr wegen dieser Veränderungen in der Reihe großer bleibender Naturwerke.

Die Originalität dieses Nebels muß vorzüglich in Betracht kommen, wenn über sein Wesen soll entschieden werden. Nie hat Herschel eine ihm ähnliche Gestalt gesehen; eine Leerheit in der Mitte von Sternhaufen, Sternring, lang gedehnte Nebel und besondere Gestalten hat er uns gezeigt, wie wir sie im folgenden aufführen werden. Nur ein einzigesmal sagt er in einer Beschreibung: Im Schützen*) findet sich ein doppelter Stern, mit ausgedehnter Nebligkeit von verschiedener Intensität; bei dem Doppelstern ist eine schwarzdunkle Oeffnung, wie im Orions Nebel, welches ohne Zweifel die dunkle Umgebung, aber nicht die verschiedenen Zweige andeutet. — Seine Originalität ergibt sich auch daraus, daß diese Lichterscheinung nicht einzeln in seiner Stelle sich befindet, sondern nur die glänzendste von mehreren ist, die sich

*) In der Klasse IV. Nr. 41.

dort befinden. Schon 1791 sagte Herschel in seiner damaligen Sprache, er habe in der Gegend des großen Nebels eine teleskopische Milchstraße entdeckt, die sich über 60 Quadratgrad erstrecke, und in welcher sich auch der Jakobsstab befinde. In der Abhandlung von 1811 führt er außer denen, die sonst am Himmel sich befinden, die den großen Orions Nebel umgebenden auf. Er hält sie nicht mehr für ein einziges System; aber er behauptet noch, daß die Deutung des Einen die der andern in sich schließen müsse. Die, unsern glänzenden Nebel umgebenden, sind so zart, daß man keine bestimmte Gestalt angeben kann, sondern höchstens Richtung nach Meridian oder Parallel, oder einige Licht-Unterschiede. So wird also durch die Lage unter diesen Nebel-Massen, durch seinen Glanz und die umgebende Dunkelheit seine Eigenthümlichkeit erhöhet, und seiner Deutung muß die Betrachtung der Nebelsterne, die dem folgenden Buche aufbewahrt ist, vorangehen.

§. III. Die Glieder des Sternhimmels.

Indem wir uns nun zur Betrachtung der eigenthümlichen, freien Glieder des sichtbaren Sternhimmels wenden, ist es angemessen, vor allem Herschels große Verdienste zu rühmen. Hier ist die reichste Erndte, die er gesammelt; hier glänzt er als unermüdeter Beobachter, unübertroffen, indem er eine Welt von Erscheinungen aufschloß, von der kaum eine Ahnung da war. Sie sind für uns noch erst die festen Punkte am Himmel, woran die fortschreitende Astronomie die Bewegung der Sternsysteme, die uns umgeben, orientiren wird. Nicht seinen Zeitgenossen, der Nachwelt legte Herschel die Probleme von der Milchstraße und diese neue Welt von Nebel, Winke zu ihrer Lösung vor.

Billig gedenken wir auch des Kraftaufwandes, dem diese Erfolge zu verdanken sind. Nicht bloß gesehen, oder nach der Astronomen Weise der Ort bestimmt, sondern beschrieben mußten diese Tausende von Gegenständen, die das Fernrohr erreicht hatte, mehr oder weniger ausführlich characterisirt werden. Das Instrument, das hier zu Dienste gerufen wurde, ist nicht von der Bequemlichkeit oder Leichtigkeit der Behandlung, wie die übrigen Meß-Instrumente der Astronomie, der feste Mauer-Quadrant, das Transit, welches den Meridian durchstreift, das Aequatorial, das einen ergriffenen Gegenstand immer festhält und im Parallel verfolgt. Die Last eines 20füßigen Rohrs, das 18 Zoll im Durchmesser hatte, mußte bewegt, genau berichtigt, mit großen Vorrichtungen und Rüstungen zur nöthigen Bestimmung versehen werden. Der unermüdete Beobachter war zugleich Schöpfer, Verbesserer, Erneuerer, Berichtiger seines Instruments, dabei noch der Kampf mit Luft und Witterung, deren Einwirkung auf ein so zusammengesetztes Ganze immer neue Sorgfalt forderte. In unserm vierten Buch wird etwas ausführlicher davon Nachricht gegeben.

Herschel nannte diese von ihm entdeckte Gebilde allgemein Nebel; mit diesem Nahmen sind sie auch in den Verzeichnissen aufgeführt; ihnen zur Seite stehen die Sternhaufen — Sternschwärme, Ansammlungen, Anhäufungen, Vereine, Gedränge, Anlagerungen, Verdichtungen, wie man sie auch nennen könnte; die astronomischen Bestimmungen sind im Original gegeben, und die Anordnung ist chronologisch. Dieser Schatz von Beobachtungen mußte, wie auch durch Herschel geschehen ist, in der einfachsten Gestalt der Welt vorgelegt werden, um die Gesichtspunkte frei zu lassen, um die Unabhängigkeit der Schlüsse durch nichts zu hindern, um durch keine Andeutungen vorzugreifen. Nur zum Behuf der Beobachter hat er sie in einige Klassen gesondert. Die Nebel sind in die I., II., III. Klasse, nach der Helligkeit oder Klarheit, mit der sie erscheinen, gestellt, also daß die III. Klasse entschieden lichtschwache, dünne, nur guten Fernröhren erreichbare Nebel enthält. In der IV. Klasse sind die Gestalten, welche durch auffallende Besonderheit sich auszeichnen; sie sind für die Neugierde oder für den tiefern Forscher besonders herausgehoben. Die V. Klasse enthält die Nebel, die durch eine überwiegende Größe sich absondern von den übrigen. Die VI., VII., VIII. Klasse enthält die Sternhaufen, nach dem Grade ihrer Zusammendrängung und Größe.

In den Abhandlungen, welche die drei Verzeichnisse begleiten, gibt Herschel einige das Ganze betreffende Erläuterungen, theils stellt er Betrachtungen über einzelne Gegenstände an. Also in der ersten beschreibt er seinen Apparat und die Methoden, die er in seiner Behandlung ausgedacht. Im zweiten stellt er uns einige Gesetze über die Sternschwärme auf. In der dritten ordnet er nach Weise der Naturforscher, nach Geschlechtern und Gattungen und Stämmen den Reichthum seiner Erscheinungen. Später erst stellt er sein System der Astrogonie oder Theorie der Sternbildung auf, welche wir an den Anfang des zweiten Buchs gestellt, hier in diesem Buche nur die Erscheinungen und das unmittelbare Ergebniß der Beobachtung aufführend.

Die naturhistorische Analyse des Himmels ist folgende*):

An die Spitze stellt Herschel den isolirten Stern. Er wird so genannt, nicht als wäre er außer Verbindung mit andern Sternen oder Systemen; denn dieß ist nach Gesetzen der Attraktion unmöglich. Wenn aber Sterne so weit auseinander liegen, als Arcturus, Capella, Sirius, die Leyer und vielleicht noch unzählige andere, so kann man sie, als aus dem Bereich wechselseitiger Attraktion, hinlänglich getrennt ansehen. In der That wür-

*) Siehe die Abhandlung vom Jahr 1802 und die Kupfertafeln zur Abhandlung 1811 und 1814, samt der Beschreibung.

den Sirius und die Sonne — wenn ihre gewöhnliche Entfernung von einander angenommen wird — noch nicht in 33 Millionen Jahren zusammenstürzen, wenn sie gleiche Massen (wie die Sonne) hätten. Sie bleiben also mehrere Millionen Jahre in einem Zustand von fast ungestörter Ruhe, abgesehen noch dabei von der entgegengesezten Einwirkung der sie umgebenden Sterne. In diese Familie gehört auch unsere Sonne; sie und die meisten der übrigen isolirten Sterne sind umgeben von der Milchstraße, deren Sterne weit gedrängter und zusammengehäufter sind, als eben die zunächst um uns befindlichen. Wahrhaft isolirte Sterne könnten auch entstehen dadurch, daß bei der großen Bildung, dem ursprünglichen Niederschlag gleichsam der Sternhaufen, gerade einzelne sich auf dem Scheidepunkt der anziehenden Kräfte befanden, dem Ruhepunkt, und so nach allen Seiten gleich getrieben, einsam übrig blieben, während die andern sich zu ihren Systemen verbanden. Diese isolirten Sterne sind auch allein die Träger der Planeten-Systeme, indem der ungeheure leere Raum, den sie beherrschen, die mannichfachen Bildungen der Planeten, in ruhig abgewogener Schichtung gelagert, der umherschweifenden Kometen, und der vergänglichen Welt-Meteore trägt und nährt.

Der Doppel-Stern, der vielfache Stern folgt hierauf. Sie sind wahre Sonnen, durch ein gemeinschaftliches Band gegenseitiger Schwerkraft verbunden; sie haben nicht — wie die Planeten an der Sonne — einen Körper im Centrum von überwiegender Leiblichkeit, um den sie laufen, sondern ihr Schwerpunkt ist die unsichtbare Kraft gleichsam, die sie hält. Es ist eine der schönsten Entdeckungen Herschels, das Daseyn solcher Doppel- und mehrfacher Systeme dargelegt zu haben; der Begriff Stern erweiterte sich und eines durch Wirkung der Schwere entstandenen Ganzen. Im zweiten Buch ist die Abhandlung darüber enthalten.

Die Milchstraße führt Herschel sodann auf, als ein großes, eigenthümliches Erzeugniß der Natur, die Gesetze der größern Gedrängheit der Sterne in Gegenden, die ferner von uns liegen, die Kräfte, welche die Sterne zur Zusammenhäufung treiben, und das Ganze in einzelne unabhänge Systeme auflösen, der unermeßliche Reichthum der Sternbildungen wird von ihm erwähnt, wie wir in dem Vorhergehenden weiter auseinandergesezt haben.

Die Stern-Ansammlungen sind Vereine von mehr oder weniger gleichförmig zusammengedrängten Sternen, von irgend einer Gestalt; keine besondere Verdichtung ist an irgend einer Stelle sichtbar, den Sitz einer überwiegenden Anziehungskraft andeutend; dabei sind sie hinlänglich von den umgebenden Sternen getrennt, um ein unabhängiges Ganze auszumachen. Die Deutung derselben hält Herschel für schwierig.

Die Sternhaufen oder Sternschwärme sind die prachtvollsten Gegenstände am Himmel. Durch ihre schöne und künstliche An-

ordnung unterscheiden sie sich gänzlich von den bloßen Stern-Ansammlungen; die runde Gestalt, die Zusammendrängung und Verdichtung der Sterne gegen die Mitte sind karakteristische Merkmale; dort bildet sich ein fleckiger Glanz wegen der Zusammendrängung, die Gestalt eines Kerns annehmend. So erscheinen sie auch in schwächern Fernröhren.

Die gestalteten Nebel. Nur sehr lichtstarke Werkzeuge erblicken sie, vielleicht wegen ihrer großen Entfernung. Es ist möglich, daß sie eben darum bloß als neblige Flecken von geringem Durchmesser erscheinen und vielleicht wahre Sternhaufen oder Stern-Ansammlungen sind. Wenn diese Ansicht die richtige ist, so sind sie in solch eine ungeheure Tiefe der Nacht gestellt, daß der Lichtstrahl, der jezt unser Auge trifft, von ihnen schon vor Millionen Jahren ausgesendet worden. Die Gestalten, die Anhäufungen des Lichts, die Erscheinungen des Kerns, sind hier von besonderer Bedeutung.

Der sternige Nebel hat einen so geringen Durchmesser, daß er fast wie ein Stern aussieht, aber sich doch durch Gestalt und Glanz und Umgebung mit duftigem Licht unterscheidet. Der lockige Lichtschein, der sie umgibt, ist oft so zart, daß sie nur mit Mühe durch stärkere Vergrößerungen als solche erkannt werden. Viele blieben für Herschel noch zweifelhaft, ob sie reine Stern-Natur oder Nebel an sich tragen.

Die freien milchigen Nebel-Massen. Der Art nach sind sie mit Orions Nebel verwandt, von großer Ausdehnung; sich von den vorhergehenden unterscheidend durch Zartheit des Lichts, durch Unregelmäßigkeit in Gestalt und Vertheilung der Helle.

Der Nebelstern. Auch dieses merkwürdigen und räthselhaften Wesens Kenntniß verdanken wir Herschel. Ein Stern, der sich durch Glanz auf einen Punkt gedrängt, durch sein ganzes Wesen wie einen wahren Stern ankündigt, ist umgeben mit einer sichtbar glänzenden, also wohl selbst leuchtenden Licht-Atmosphäre von bedeutendem Durchmesser.

Der planetarische Nebel. Die Gleichförmigkeit seines Lichts, die beträchtliche und regelmäßig runde Scheibe — wie die eines Planeten — gibt ihm den Nahmen. Bisweilen umgibt die Scheibe etwas duftiges.

Eine nähere Betrachtung gibt uns vielleicht über einige allgemeine Gesetze, das innere dieser Bildungen betreffend, Aufschluß.

Der Sternhaufen sey das erste, diese regelmäßigste und einfachste Bildung, dieses wahre Bild wechselseitiger Wirkung und Gegenwirkung. Herschel hat ihm eine eigene Abhandlung*) ge-

*) D. Abhandl. v. J. 1789, welche das zweite Tausend der Nebel begleitet.

widmet. Wie es unter den Mathematikern gewöhnlich, ruft er zuerst die Lehre von der Wahrscheinlichkeit zu Hülfe, und zeigt, daß es nicht bloß optische Täuschungen seyen; indem Sterne vom verschiedensten Glanze in dem unermeßlichen Raume sich gerade so, in so vielen Fällen, hinter einander gestellt, daß sie den Schein einer runden Ansammlung, die sich gegen ein Centrum verdichtet, angenommen haben. — Dann stellt er das für die Entstehung dieser Haufen richtige Gesetz, von der Gleichheit der Sterne, welche diese Schwärme bilden, auf; nicht als ob er alle Abwechslung ausschließen wollte, wie zwischen den einzelnen einer Gattung; die Kleinheit der Sterne erlaubt nicht das Aeußerste von Genauigkeit; doch „habe er gewiß genug gesehen, um überzeugt zu seyn, daß die Verschiedenheit derselben in sehr enge Gränzen eingeschlossen sey.“ Einzelne Bildungen anderer Art haben wir unter den Sternhaufen der Milchstraße gesehen; die großartigste dieser Gattung ist ohne Zweifel die mit überwiegendem Stern im Mittelpunkt. Die Wichtigkeit dieses Gesetzes von der Gleichheit der Sterne wird erhöhet, durch die Betrachtung der unermeßlichen Menge von Sternen, die sich in solch einer Lichtkugel befinden; und der großen Regelmäßigkeit und Einfachheit der wirkenden Kräfte, welche diese Hunderttausende von Lichtpunkten, in einem Moment und Einem Guß, gleich ausgestreut und angezündet hat. — Das zweite, was Herschel bemerkt, ist die Klarheit, womit diese Lichtpünktchen leuchten; bei der höchsten Zusammendrängung, wo sich alles in einander verliert, zeigt sich doch noch ein gesprenkeltes, geflecktes Licht; nichts Nebliges sieht man, so wie nur einige Sterne einmal hervorgedämmert sind. — Die vollkommenste und reinste Sternbildung scheint demnach nicht sowohl im isolirten Stern, als in dem Sternhaufen ausgedrückt und aufgestellt zu seyn. — Die Gleichförmigkeit der Anordnung und Zusammendrängung in gleichen Entfernungen vom Mittelpunkt, ist das allgemeine Gesetz der Sternhaufen, obgleich die einzelnen große Verschiedenheit in dem Fortschritt dieser Zusammendrängung zeigen. — Die größere Zusammendrängung gegen den Mittelpunkt ist nicht bloß scheinbar, Folge der perspektivischen Ansicht einer mit Sternen erfüllten Kugel, sondern sie ist wahrhaft größer; und so zeigen auch alle ein Bestreben zur sphärischen Gestalt, und eine bereits schon mehr oder weniger vollendete. Es ist wahr, ein Kegel, ein Sphäroid, ein Cylinder, ja selbst ein Ring, überhaupt irgend eine Gestalt, die nach einem Durchschnitt rund ist, kann uns sphärisch erscheinen; dann müssen wir aber gerade in der Achse dieses Durchschnitts gestellt seyn; welches allgemein anzunehmen keine Gründe hat — die Unabhängigkeit endlich der Durchmesser, der Größe der Sterne, der Gedrängtheit zeigt die Freiheit der bildenden Kraft, oder die Zeit und Epochen derselben.

In allen Bildungen, die wir im vorhergehenden aufgezählt

haben, als Glieder des sichtbaren Alls, ist das Runde das Sphärische oder Eiförmige, Ellipsoidische nicht gerade die überwiegende Gestalt; weite Gränzen sind diesen Formen gestellt; Unregelmäßiges zeigt sich auch; wenn etwa umdrehende oder repulsive Kräfte, vielleicht spiralförmig fortschreitende sich entwickelten, oder wenn wechselseitige Einwirkung fremder Systeme sichtbar geworden. Eine kurze Uebersicht der Zahlen wird uns am kürzesten das Schwanken der Natur zwischen den verschiedenen Gestalten zeigen. Etwa 100 Nebel sind nach ihrer Gestalt ganz unbestimmt geblieben; bei dem großen Gewimmel derselben, das an einigen Gegenden des Himmels sich häuft, war es bei 424 kaum möglich, über die Größe etwas zu bestimmen. Unter den übrigen finden sich etwa 460, die die Beschreibung als gedehnte bezeichnet; von 2 Dimensionen hat also eine das Uebergewicht über die andere; und dieß nach den verschiedensten Verhältnissen der Abstufungen, von der kaum excentrischen Ellipse zur gedehnten Linie. Diese ausgedehnten Gebilde zeigen im Uebrigen dieselben Erscheinungen wie die runden, sie haben Verdichtung, Stufen des Glanzes, Kerne. Die sternigen, planetarischen, kometischen Nebel aber reihen sich in die Ordnung der Sphärischen.

In den Nebeln hat Herschel ferner die größte Abwechslung, was die Zusammendrängung und Verdichtung des Lichts betrifft, beobachtet und aufgezeichnet; diese merkwürdige Erscheinung sonderte Herschel durch verschiedene Benennungen von einander ab, die wir hier aufführen müssen. Die Helle nimmt von der Peripherie gegen das Centrum stufenweise zu, vom etwas Hellern, bis zum sehr Hellen, das stufenweise selbst ist mehr oder weniger allmählig: oder die Helligkeit tritt plötzlich oder sehr plötzlich ein; es zeigt sich ein Kern; ein Kern mit leisem Lichtduft umgeben, ein kometenartiges Wesen, aber sphärisch; oder eine planetarische Scheibe. Die Erscheinung des Kerns selbst zeigt eine Menge Besonderheiten vom hellen, kaum merklichem, Punkt, bis zum hellen gedehnten, rund mit Licht gesättigten.

Dabei ist zu merken, daß diese Erscheinungen der Licht-Verdichtung sich in allen Klassen, was Größe und Glanz betrifft, finden. Doch mag als auffallend angeführt werden, daß bei der Erscheinung, welche Herschel Kern nennt, die gedehnte Gestalt des umgebenden Nebels weit die überwiegende ist. Bei den Sternen nimmt man gewöhnlich Glanz, Größe und Entfernung für gleichbedeutend: daß dieß nicht gelte für diese Nebel, zeigt ein Blick auf die Verzeichnisse.

Mannichfaltigkeit von Bildungen ergibt sich aus dem eben gesagten. Regelmäßigkeit ist, wie sonst, nur ein Anhaltspunkt für die schaffende Kraft; damit die Freiheit nicht ermatte, wählt

sie Formen anderer Art, Andeutungen höherer Entwicklungen. Dieß ergibt sich auch hier bei der Betrachtung einiger sonderbaren Gestalten und auffallender Gebilde.

Der ringförmige oder hohle Sternhaufen oder Nebel. In der Leyer*) befindet sich ein Sternring; er hat einen regelmäßigen concentrischen dunkeln Fleck in der Mitte; seine Gestalt ist oval, Verhältniß der Achsen 100 zu 83; wenn er rund ist, so muß unsere Gesichtslinie nach ihm 56 Grad geneigt seyn gegen seine Ebene. Im nördlichen Theile sind 3 sehr dünne Sterne sichtbar, auch 1 bis 2 im südlichen. An den Scheidelpunkten der großen Achse scheint der Ring nicht so hell und scharf begränzt, wie im übrigen. — Kl. IV. 19. Im Perses findet sich ein beträchtlicher heller Nebel, über 15 Minuten lang und 3 Min. breit, er enthält einen dunklen theilenden Raum, in der Mitte etwa 3 — 4 Minuten lang. — Kl. IV. 15. ist ein sich auszweigender Nebel, nahe zu 1½ Grad ger. Aufst. und 1 Grad Polardistanz; der feinere Theil zersezt sich in mehrere Ströme, die sich gegen Süden wieder vereinigen.

Der Kern mit sich zu beiden Seiten ausbreitenden Zweigen. Diese Form kann wohl die entgegengesezte der vorigen genannt werden. Sie findet sich in weit größerer Menge. Hier ist Verdichtung im höchsten Grad; sie erscheint als heller Kern, als ein plötzlicher Uebergang zu weit größerer Helligkeit, und umher ist in weiter Ausdehnung, nach der Richtung der Länge, zarte, schwache Licht-Ausstrahlung; der Kern bisweilen irregulär; die Lichtzweige meist sehr dünn und gleichförmig, bisweilen nur in der Gegend des Kerns dichter. Die übermäßige Ausdehnung einiger dieser Gebilde ist nicht zu übersehen.

Eine noch zusammengeseztere Form ist der mit Lichtatmosphäre und zugleich mit ausgedehnten Zweigen umgebene Kern; selten am Himmel. Hier haben wir gleichsam die materielle Dichtigkeit in der Kugel, die Licht-Atmosphäre und die Aequators-Schichte in einem großen Bilde vor uns; eine zusammengeronnene Kometen-Welt, wie Saturns Ring ein zusammengeronnener Trabant. — Die reine oder erste Stufe ist der Kern mit Licht-Mähne oder Nebelhaar, etwas ins Längliche sich ziehend.

Ein Gegensatz anderer Art ist der planetarische Nebel; ohne Licht-Concentration auf kleinem Raum; ein gleichförmiger größerer Raum mit einer höchst geringen zarten Licht-Umgebung, oder eben abnehmende Scheibe an den Rändern; bisweilen auch ein heller Punkt, umgeben mit gleichförmig erleuchteter ziemlich glänzender Scheibe.

Die äußerste Gränze der excentrischen Licht-Bildungen zeigt

*) Abhandlung v. J. 1785.

sich in dem in Linien ausstrahlenden Nebel; ein feines Strichwölkchen; Linien wie von Lichtduft aufgeschwollen; hinschießende mit weit überwiegender Dimension der Länge; vielleicht darunter Linsenförmige, in täuschender Perspektive gesehen.

Eine Irregularität der bildenden Kräfte oder eine Unabhängigkeit von centralen Kräften deuten andere Gebilde an; es sind die von Herschel entdeckten unregelmäßigen Gestalten, die an mehreren Stellen helle Punkte haben, oder die Licht-Verdichtung in mehr oder weniger excentrischen Punkten gesammelt. Es sind etwa vielfache sternige Nebel, Kometen mit seitwärts gedrängtem Kern. Immer offenbart sich dabey Abweichung von der runden Gestalt.

Offenbar findet sich nach dieser Betrachtung unter diesen Nebeln ein größerer Reichthum von Gestalten, als wir unter den Sternhaufen gefunden. Dahin gehört besonders das längliche, ästige, streifige, strahlende. Vielleicht findet sich im zweiten Buch eine Deutung dieser Abweichung der Stern-Natur, von nebligem Wesen.

Ueber die Austheilung dieser Wesen und ihre Beziehung zu unserer Milchstraße hat Herschel schon im Anfange seiner Wanderungen, das entschiedenste entdeckt (was gleichsam schon in der Sammlung der Franzosen angedeutet war): die großen Züge und Schichtungen dieser Nebel, ihre Anlagerungen und gleichsam strahlende Verzweigungen. Ihre Zusammendrängung in diesen Lagen ist, daß sie doppelt, zwei, dreifach ja 12fach erscheinen, mit ihren Mähnen öfters in einander greifend; dergleichen hat Herschel über 200 aufgeführt*). Dabei macht er die wichtige Bemerkung, daß die Lichtstärke dieser, so nahe scheinbar, in ihren Lagern zusammengedrängten Nebel fast gleich ist." Es ist bemerkenswerth, daß unter diesen vielfachen Nebeln, die so gedrängt beisammen stehen, nicht mehr als fünf oder sechs beträchtlicher an Glanz verschieden sind; so daß man die Gleichheit im Glanz als allgemeines Gesetz annehmen könnte. Auch die äußersten — die Herschel in die erste und dritte Klasse sezte — sind doch nicht mehr von einander unterschieden, als die verschiedenen Lichter im Orions Nebel.

Das zweite ist die auffallende Beziehung dieser Lager gegen den Nordpol unserer Milchstraße. Dort sind sie am gedrängtesten, und von dort laufen Ströme nach verschiedenen Gegenden. Von den Locken der Berenice**), die sich an jener Gegend befinden, geht ein Strich ungewöhnlicher Anhäufung durch den nördlichen Flügel der Jungfrau gegen die Wasserschlange zu; ein anderer nach

*) Abhandl. 1814. S. 288.
**) S. Abhandl. 1814. S. 292.

des Bootes Vorderarm; nach den Hinterfüßen des Bären; aus der Jungfrau zieht sich einer weiter gegen den Löwen. Dagegen sind andere Gegenden am Himmel durch offenbare Leerheit ausgezeichnet, z. B. vom Steinbock an durch den Schwanz des Adlers gegen den Herkules; eine andere vom Fuhrmann durch den Luchs nach Kamelopard. Dem früheren Gedanken, daß sich der neblige Grund*), die Masse der Anhäufungen meist in sternleeren Gegenden befinde, ist später keine besondere Bedeutung gegeben worden.

Das dritte, was vielleicht eine nicht minder wichtige Ansicht vorbereiten könnte, ist, daß so wenig dieser Nebel in dem gedrängteren Theil der Milchstraße sich befinde. Allerdings umfaßt er einen kleinen Theil des Himmels, und ist überhaupt noch nicht von einem Herschel in seinen südlichsten Theilen erforscht. Die schönen kuglichen Sternhaufen finden sich doch so häufig in der Milchstraße. Sind jene Gebilde in einer größern Höhe des Himmels, oder tragen sie wirklich sich aus der Gesellschaft der Sterne hinweg? Einen sehr lichtzarten Nebel führt Herschel IV. 14. auf, der ganz gleichförmig hell ist, und 1 Minute Durchmesser hat, er befindet sich mitten unter den unzähligen Sternen der Milchstraße; deutet er das Jenseits an?

Wenn die Frage über das Wesen und die Bedeutung dieser Erscheinungen — die das Einzelne und das Ganze umfaßt — in Anregung kommt, so erinnert sich der Astronom immer der Täuschungen, die von der Stellung auf einen gewissen Standpunkt im Raume unzertrennlich sind; der Unwissenheit, in welcher wir uns über unsere nächste Umgebung befinden, die unsere Aussicht beschränkt; des Zustandes endlich der Entwicklung, in dem sich alles, also auch der Himmel, befindet. Diese Musik der Sphären, wenn ich mich des alten Bildes in allgemeiner Beziehung bedienen darf, tönt nicht bloß aus dem unendlichen Raum, sondern sie tönt auch durch die unendliche Zeit hindurch; wir hören die einzelnen Akkorde, die Jahrtausende ausfüllen, und nach andern Jahrtausenden werden unsere Nachkommen vielleicht eine Ahnung des einzelnen Theils haben.

Herschel erkennt nur fünf Bildungen am Himmel. Sonnen, sie sind in ein seiner Art einziges System vereinigt in unserer Gegend; sonst finden sie sich unter den isolirten Sternen; — den Nebelstern; eine höhere Scheidung der Weltstoffe fängt an, in ihm sich zu entwickeln, oder ist fortgeschritten; der Glanz ist Sonnen-Natur; die unermeßliche Lichtatmosphäre deutet auf ein Gewimmel selbst leuchtender Kometen, oder die aus dem Welt-Raum angesaugte Ur-Materie zu neuen Bildungen bestimmt, an. — Den Sternhaufen; die ungeheure

*) S. Abhandl. v. J. 1784.

Gedrängtheit der Sterne läßt keinen Raum dem Gedanken, daß dort Planeten oder Kometen seyen, so wie die Klarheit, die dort herrscht. Unsere Milchstraße enthält die reinsten Bildungen dieser Art; sie ist selbst ein ungeheures System solcher Wesen, das entweder durch seine Gedrängtheit oder durch seine Tiefe das Einzige seiner Art am Himmel ist. — Den gegliederten Nebel; vielleicht Sternhaufen; werdende Sterne; zerstörte Systeme, die einer neuen Epoche entgegengehen; vielleicht Kometen höherer Art, die um einen neblig verdichteten Kern eine ungemessene leuchtende Atmosphäre gesammelt; vielleicht dunklere Planeten, um die sich Kometen gesammelt; oder gleich wie es Sternhaufen giebt, aus zusammengedrängten Sternen entstanden, so sind es Kometenhaufen, indem sich vor Entstehung der Attraction Keime der Verdichtung gebildet hatten. Denn zwischen der haufenbildenden Kraft muß — wie Herschel will — und der gemeinen verdichtenden Attractionskraft unterschieden werden. Vielleicht lassen sich so auch die planetarischen Nebel deuten. Die Mannichfaltigkeit unterschiedener Wesen, die wir in dieser Klasse finden, mag durch plötzliches Hervordringen, oder durch pulsirende Fortwirkung der bildenden Kräfte sich deuten. Rotirende Kräfte mögen auch einzelne Gestalten bestimmen. Vielleicht ist eine freye Lichtatmosphäre, die nicht um eine Sonne sich lagert, gleichsam gebunden an das Materielle, durch viele Stufen von Intensität gegangen. Die Vertheilung und Wechsel der Rollen, die Licht, Atmosphäre und das Dunkle spielen wird noch durch den Weltäther bestimmt; und es sind Ring, Sphäre und Schichte nicht die einzigen Bildungen am Himmel. — Den gestaltlosen Nebel. Er unterscheidet sich durch ungeheure Ausdehnung; durch Lichtschwäche; ist veränderlich, und innerhalb weniger Stufen von Helligkeit. Man kann ihn ansehen als die Ausdünstung des Universums, als bloße Wolken, die vom bildenden Sturm bewegt werden; als Sammlung spätern, überflüßigen Weltstoffs, nach vollendeten Bildungen. Er findet sich in der Nähe der Sterne, nährt sie vielleicht, befruchtet sie; wohl auch enthält er Keime in sich selbst, vermittelt Wirkung und Gegenwirkung. — Wären sie doch in Bewegung, diese Wesen, um sie mehr zu verstehen; aber die stille und ewige Ruhe, mit der diese unendlich viele Augen des Himmels uns anblicken, begräbt gleichsam unseres Geistes Anstrengung in Unthätigkeit.

§. IV. Tiefe des Himmels.

Noch ist eine wichtige Frage übrig, deren Beantwortung über das Wesen dieser heitern und trüben Nebel und Sternhaufen Aufschluß geben kann; die Frage über die Abmessungen der einzelnen sowohl, als auch des Raums, in dem sie sich tragen und wirken; über ihre Stellung, ihren wahren Umfang.

So wenig wie im Raume, so wenig ist hier ein an sich geltender Maaßstab. Der Physiker und Naturforscher nimmt nicht eine unendliche Reihe von Organisation rückwärts vom Endlichen bis ins Nichts gehend an; jede Sphäre von Bildungen, in den belebten und unbelebten Erzeugnissen, hat ein Kleinstes, und nur eine beschränkte Begränzung von Verhältnissen findet sich, für die Einzelnen, die zu einem Geschlecht oder Gattung gehören; dieß Gesetz spricht Herschel auch für die Bildungen am Himmel an; wie schon auch das System unserer Planeten dahin Andeutungen giebt. Das Unendliche im Raume, nach seinen drei Dimensionen, tritt hier ein im Gegensatz gegen das Endliche, das selbst wieder, in seinem Kampfe gegen das Nichts, ein Unendliches ist. — Kläglich ist allerdings, wenn vom Maaßstab der Welt die Rede ist, von Meilen zu reden, und mit einer Länge, die ein Insekt in einer Stunde durchkriecht, Räume zu messen, die des Lichts schnellste Entwicklung nur in Jahrhunderten durchschreitet.

Der Mensch aber, wenn er Entfernungen messen will, muß nicht nur Winkel messen, sondern auch eine Standlinie haben, eine Basis, die eben dann sein Maaßstab wird. Zur Ausmessung des Planeten-Systems dienten dem Menschen allerdings der Durchmesser des Erd-Kreises; aber ohne die Kepplerschen Gesetze, welche aus der Zeit, die Distanzen erkennen lehren, würde auch diese Stand-Linie zu klein gewesen seyn. Für die Entfernung eines Fixsterns, kurz auch Fixstern-Weite oder Sirius-Weite genannt, suchte er vergebens die Basis. Der Durchmesser der Erdbahn, das heißt des Kreises, den die Erde um die Sonne beschreibt, ist die einzige, die noch übrig ist, so lange wir nicht mit den Bewohnern anderer Planeten in Verbindung getreten sind. Die Bahn, welche die Sonne, und mit ihr die Erde, im unendlichen Raum beschreibt, reicht vielleicht einst für die Nachwelt hin, um einen Blick in die Tiefe unserer Milchstraße zu thun mit mehr Gewißheit; und Herschels Stern-Aichungen nachzuspüren und sie geometrisch zu vollenden; die fernen Nebel, die Herschel aufgefunden, werden uns als Pole des Universums auf unserer Fahrt dienen können. — Inzwischen mußte ein Maaßstab angenommen werden, und Herschel nahm die unbekannte Entfernung des nächsten Fixsterns, oder die Sirius oder Sternweite zu solchem an.

So fort, da die gemeine Meßkunst, nicht hinreicht, um Distanzen und Durchmesser der Glieder zu bestimmen, mußten neue Methoden ersonnen werden.

Die Methode der Stern-Aichungen hatte er bei der Milchstraße angewandt, wie oben entwickelt worden; sie war für dieß System bestimmt; sie ruht auf der Menge der im Gesichtsfelde gezählten Sterne; unter Voraussetzung der gleichen Verthei-

lung der Sterne. Es ist möglich, daß die Zusammendrängung der Sterne von einem Gesetz der Entfernung abhängt, daß Theilung in Zonen — von größerer oder geringerer Dichtigkeit — statt findet; oder hintereinander lagernde Systeme von Sternen mit verschiedener Licht-Individualität. Wenn dieß alles von unserm Standpunkt an gleichförmig geschieht, so bleiben wenigstens die Verhältnisse der aus den Stern-Aichungen hergeleiteten Tiefen oder Abmessungen dieselben. Sie haben auf jeden Fall entschieden, daß die Milchstraße in den uns zunächst umgebenden Gegenden keine sphärische Gestalt habe; denn die Sternmenge nimmt — wie aus dem Verzeichniß der Stern-Aichungen erhellt — an sehr vielen Stellen des Himmels, vom Nordpol der Milchstraße an, oder in einzelnen Zonen *) regelmäßig ab und zu, je nach der Entfernung von dem Mittelpunkt oder den Seiten; auch sind die beyden Hälften dieser Schichte — die größern Unregelmäßigkeiten ausgenommen — an ähnlichen Stellen ziemlich gleich mit Sternen besetzt. Wollte man die Aichungen auch hier bloß aus dem Prinzip nicht der Tiefe der Sterne, sondern der Gedrängtheit **), deuten, so würde dann das Resultat der Aichungen für die Kenntniß unseres Systems noch merkwürdiger, indem es uns eine Sternsammlung zeigte, die in ihrem Mittelpunkt am leersten wäre, in der Entfernung an Gedrängtheit zunähme, endlich eine Schichte, wie einen Ring oder Aequator hätte, worin die Sterne weit am dichtesten, gehäuftesten und gedrängtesten wären. Kein ähnliches Gebilde findet sich am Himmel. Eine Vereinigung der beiden Prinzipe der Gedrängtheit und der Tiefe läßt mannichfache Formen zu.

Die Methode, aus der Analogie des innern Baues, des äußern Ansehens und dem Durchmesser ähnlicher Gebilde, auf ihre Distanzen zu schließen, ist die aller einfachste und natürlichste, die seit Menschen den Himmel betrachten, angewandt worden ist. Auf ihr beruht der allgemeine Glaube von der größern Entfernung kleinerer Wesen, z. B., der Sterne. — In der frühesten Abhandlung von 1785 hatte Herschel den — damals auf der Idee, daß am Himmel, unserer ähnliche, Milchstraßen sich befinden, gegründeten — auf jeden Fall fruchtbaren Gedanken: die Sterne, die er in den Sternhaufen sah, zu vergleichen mit den Sternen und ihrer Größe, wie er sie bey seinen Aichungen der Milchstraße gefunden. „Es giebt viele runde Nebel von etwa 5—6 Min. Durchmesser, deren Sterne ich sehr deutlich sehen kann. Vergleiche ich dieselbe mit dem Aussehen der Sterne, in meinen tiefen Aichungen, so vermuthe ich, daß der Mittelpunkt solcher Sternhaufen — gemäß dem oben entwickelten Gesetz der Berechnung — wohl 600 Sirius-Weiten von uns entfernt seyn möge.“ Diese an sich sinnreiche

*) Siehe die Beylage I.
**) Siehe die Anmerkung 5.

Methode, obgleich nicht strenge, weil sie auf der Theorie der Aichungen und der Gleichheit der Sterne in zwey verschiedenen Sternsystemen beruht — führte auf das Resultat, daß die Sterne in jenen kuglichen Sternschwärmen über alle Maßen mehr gedrängt zusammengehäuft sind, als in der Gegend der Sonne und um uns her. „Bey dieser Schätzung richtete ich mich mehr nach der scheinbaren Größe der Sterne, als nach ihren wechselseitigen — scheinbaren — Distanzen; sonst müßte wohl ein Sternhaufen, der 6 Min. Durchmesser hätte, und nur 10 Sterne auf seiner ganzen Dimensionslinie hatte, nach dem Prinzip unser Vertheilung nach Sternweiten, wohl 6000 Siriusweiten entfernt seyn.“ Er ist also nach einem andern Maaßstab von Sternweiten erbaut. Wenn der Durchmesser eines Sternhaufens nach irgend einem Verhältniß wächst, so nimmt die Gedrängtheit, wie sie dem Auge erscheint, in quadratischem Verhältniß zu, weil man die Sterne in den verschiedenen Schichten vor und hinter einander liegend, perspektivisch erblickt. An einer andern Stelle sagt Herschel: giebt man einem Sternhaufen, von 10 Min. scheinbarem Durchmesser, einen wahren von 50 Siriusweiten, so wird, wenn man ihn in einer Entfernung von 17000 Siriusweiten setzt, doch noch die scheinbare Distanz eines Sterns 12 Sek. betragen. Ob des perspektivischen Zusammengreifens der Sterne aber wären wohl vielleicht 1000 auf einer Dimensionslinie, also ihre scheinbare Distanz keine Sekunden, und das 20füßige mit gewöhnlicher 157facher Vergrößerung hätte sie einzeln in den gedrängtesten Stellen nicht mehr erblickt. In der Abhandlung von 1795 über den Bau der Sonne finden sich ähnliche Berechnungen über die Sternhaufen Kl. VI. 26, 28, 35., sie sind als aus äußerst kleinen und gedrängten Sternen bestehend angegeben, im Durchmesser von 1 bis 6 Min. Nach Abzug des perspektivischen Ineinandergreifens und optischen Einwirkens, nimmt er für die scheinbare Distanz eines Sterns vom andern in diesem Sternschwarm 5 Sek. an; wäre diese Sternweite in jenem Sternhaufen wirklich einer Sternweite in unserm Systeme — die wir Siriusweite nannten — gleich, so müßte er 42104 Siriusweiten von uns entfernt seyn. Nun ist der scheinbare Durchmesser des einen 1 Min., des andern 4, sie werden also doch nur einen wirklichen Durchmesser von 47 und von 10 Siriusweiten haben. Ein Bewohner des letztern würde, wenn er unsere Augen hätte, alle Sterne seines Systems in einer heitern Nacht ohne Fern-Rohr überschauen.

Die Analogie des innern Baues und des Durchmessers zur Beurtheilung der Distanzen zu gebrauchen, ist unwiderstehlich, wenn man auch nur einige wenige Sternhaufen, etwa die Plejaden, die Krippe, den Sternhaufen bey Algol, im Fuße des Kastors wirklich gesehen hat. Sie erscheinen kleiner im Durchmesser, und dünner leuchten ihre Sterne, weil sie weiter von uns entfernt sind. Es finden sich oft, sagt Herschel, in der Nähe bey ein-

ander, Sternhaufen runder Gestalt und ähnlich in allen Verhältnissen, nur scheint der eine kleiner und die Sterne sind gedrängter; bisweilen ist ein dritter noch zärterer und kleinerer dabey, dessen Sterne nicht mehr sichtbar sind, sondern in der Zusammendrängung sich verschmelzen. Was ist natürlicher hier, als anzunehmen, daß diese Gebilde solche Gestalt annehmen, weil sie mehr in die Tiefe des Himmels sich verlieren. Herschel nennt den einen die Miniatur (— Bild im Kleinen und Kleinsten —) des andern. Man erhält also nach obiger Berechnung Distanzen von 600, 1200, 2400 Siriusweiten, von welchen aus das Licht jener Sterne noch unser Auge trifft. Nimmt man noch einen 4ten, der im Fernrohr nur noch das Ansehn eines milchigen Nebels hat, so würde sich eine Distanz von fast 6000 Siriusweiten ergeben. Es ist allerdings möglich, daß die innere Helligkeit und Sternverdichtung dieser Species von Wesen gerade solche Abwechslungen zeigt, um die Deutung durch Distanzen nicht zu bedürfen; mit einem Wort daß sie in der That und wirklich Miniaturbilder von einander sind. Welche beschränkende Gesetze müssen wir aber dann der Natur auflegen; die Gedrängtheit der Sterne müßte nothwendig mit dem Durchmesser wachsen, so wie die Lichtstärke der einzelnen Sterne in eben demselben Verhältniß abnehmen. Es wäre gewissermaßen nur Eine Form, und die übrigen wären gleichsam Embryonen, oder junge Pflänzchen einer größern; je jünger, desto schwächer das Licht, desto kleiner die Glieder, die Dimensionen. Dieß widerspricht der großen Menge dieser Erscheinungen und ihrem Aufenthalt — wenn ich so sagen darf — am ganzen Himmel. Wenn man den Sternschwarm als Eine Sonne ansieht, die sich in unzählige andere gleichsam aufgelöst, ein Licht, das sich in Millionen andern vertheilt, so wäre es nicht unnatürlich, diesen einzelnen geringere Lichtkraft zuzuschreiben, als Eine, zum Beyspiel, unsere Sonne hat. — Herschel hält die größere Gedrängtheit in Sternhaufen, die sonst sich ähnlich sind, für eine Wirkung der Zeit, für ein Zeichen eines höhern Alters. — Für die Distanzen solcher Sternhaufen, die immer weiter und weiter hinausrücken, und für die Lichterscheinung, die sie dann gewähren, hat Herschel eigene Ausdrücke — die zum Theil später eine engere Bedeutung erhielten — gewählt, nämlich: das gefleckte Licht; der in Sterne auflösliche Nebel; der milchige Nebel; das zweifelhafte Licht, das unentschieden läßt, ob Sternnatur oder andere Erscheinung zu Grunde liege.

Noch ist eine einfache Art, über Distanzen zu urtheilen, darin begründet, daß aus der Stellung zweyer Gegenstände gegen unsere Gesichtslinie offenbar erhellt, ein Gegenstand liege jenseits des andern. Einige Beyspiele will ich anführen. Innerhalb des Sternhaufens Franz. Verz. 46 findet sich ein anderer ziemlich hell, rund, durchaus gleichförmigen Lichts, 2 Min. Durchmesser. Der Sternhaufen ist hell, aus Sternen ohne alles Neblige

bestehend. In der Milchstraße, z. B., auf dem Parallel des Antares, findeir sich mehrere Sternhaufen *), um welche her und über welchen hin die weit größern Sterne der Milchstraße zerstreut sind, während jene Sternhaufen die kleinsten Sterne, und regelmäßige Zusammendrängung zeigen. Oft zeigen sich auch unter den Sternen eines Haufens einzelne unregelmäßig vertheilte, denen des Haufens ungleich; das gleiche gilt von Nebeln, die sich über Sterne hinwegziehen, wo Orions-Nebel das bekannteste Beyspiel ist. Alle diese Erscheinungen deuten auf ein Jenseits, ohne seine wahre Dimension zu bestimmen.

Diese Andeutungen wurden zu einem Systeme, indem Herschel den Gedanken verfolgte, das Licht als Maaßstab zur Hülfe zu rufen; Maaßstab für die Zeiten, indem es mit seiner nichts anderm vergleichbaren Geschwindigkeit ungeheure Räume durchläuft; als Maaßstab für den Raum, indem dieß unbegreifliche Wesen alle Fernen und die unendliche Himmelssphäre durchdringt, überall gegenwärtig, zwar unermüdlich, aber nicht unerschöpflich; durch den unermeßlichen Raum, den es erfüllt, zwar nicht aufgehalten und träger; aber in seiner Kraft beschränkt und schwächer. Die Veränderungen, die eben seine Stärke erlitten, auf der Wanderung durch die Himmelsräume, schließet uns eben die Größe dieses Raumes auf. Ganz wie es das Wesen der Mathematik ist, aus den Veränderungen das Wesen, das Bleibende zu erkennen.

Aus der Lichtermattung der Lichtstärke die Distanz eines Wesens zu bestimmen, brachte Herschel zuerst am Himmel in Ausführung. Vor ihm waren einige Andeutungen gegeben, aus der ermatteten Geschwindigkeit des Lichts Resultate zu erhalten; Versuche waren aber eitel und jenseits unserer Kräfte. Herschels letzte Arbeit war es, den Maaßstab des Weltalls wirklich anzulegen, nachdem er ihn in seine Gewalt bekommen. Was vorher einzelne und zerstreute Gedanken waren, was Ansichten, Folgerungen ohne Wirkung, das wurde hier zu Einem Ganzen — zur Photometrie des Himmels — zu einem neuen Gebäude vereinigt.

Die Gründe dieser Theorie sollen hier kurz angedeutet werden. Das erste ist: die Bestimmung der raumdurchdringenden Kraft eines Fern-Rohrs; man könnte sie auch die raumaufhellende nennen. Man sieht nicht mehr in die Ferne, weil es zu dunkel wird, indem die Helligkeit eines Gegenstandes mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt. Wer also 1, 2, 3, 4mal weiter sehen will, als mit dem bloßen Auge,

---

*) Auch Nebel. Siehe die Beschreibung der Fig. 1. auf den Kupfertafeln zur Abhandlung von 1811.

der muß 1, 4, 9, 16mal mehr Licht ins Auge bringen. Diese größere Lichtmenge bewirkt der Spiegel des Telescops (oder das Objektiv des dioptrischen Fernrohrs). Wäre der Spiegel vollkommen, alles empfangene Licht zurückgebend, so würde die Lichtmenge, die er in's Auge sendet, zu der Lichtmenge, die vom Gegenstand unmittelbar durch die Pupille geht, sich verhalten, wie die quadrirten Durchmesser des Spiegels und der Pupille des Auges. Dieß Verhältniß wird also modificirt, dadurch, daß der Spiegel kein absolut reiner ist, überdieß dadurch, daß noch ein zweyter Spiegel gewöhnlich, und ein Ocular am Fernrohr sich befindet. Weiter sehen, oder tiefer in den Raum eindringen, sind gleichbedeutend; die Kraft, weiter zu sehen, oder die raumdurchdringende Kraft des mit dem Fernrohr bewaffneten Auges, oder kurz die raumdurchdringende Kraft des Fernrohrs hängt also — da sie mit dem Quadrat der Lichtmenge parallel läuft, nach dem obigen — von des Durchmessers modificirtem Verhältniß zum Durchmesser der Pupille ab. Ein Mensch, der durchs Fernrohr sieht, hat seine Pupille erweitert, er ist ein Cyklop geworden, oder ein Insekt, das durch hundert Augen zugleich sieht.

Man sieht aber nicht Punkte, sondern Umrisse, auf hellerem oder dunklem Grund, wenn man Gegenstände sieht; die dämmernde Nacht, der blaue Himmel, sind unbestimmte Empfindungen. Nur durch den Kontrast von Licht und Finsterniß entsteht eine bestimmte Anschauung, ein Bild. So des hellen Sterns auf dunklem Grunde, der schwarzen Linie, die den Saturns-Ring theilt, zwischen den hellen Rändern; der Doppelstern mit der schwarzen Leere. So löscht bey der Morgendämmerung allmählig die Scheibe des Jupiters aus, während seine Trabanten als kleinere Bilder längst unsichtbar geworden sind.

Die zweyte Frage war, wie weit das menschliche unbewaffnete Auge reiche am Himmel; welches der letzte schwächste Stern, dessen matter Strahl noch eine Empfindung im Auge erregt. Die Untersuchung war schwierig, da hier nur helle Punkte, Lichter von unendlicher Kleinheit betrachtet werden; die falschen scheinbaren Durchmesser, die das Fernrohr giebt, dazu beytragen, das Urtheil zu bestimmen; überhaupt der Uebergang von Etwas zu Nichts, vom Sehen zum Nichtsehen, ein Ungreifbares, so zu sagen, in sich schließt. Herschel hat auf eine höchst sinnreiche Methode zu bestimmen gesucht, daß das menschliche unbewaffnete Auge die uns umgebenden Sterne erster Größe, als Arkturus, Capella ꝛc. eben noch sehen, erkennen würde, wenn sie 12mal weiter entfernt wären; oder die raumdurchdringende Kraft des menschliches Auges beträgt 12 Sirius- oder Stern-Weiten; der Radius der Kugel, in welche alle dem bloßen Auge sichtbare Sterne eingeschlossen sind, beträgt 12

Sternweiten; der gewöhnlichen Sprache zu folgen, ein Stern zwölfter Größe ist der letzte dem Auge sichtbare; jenseits (* 7) kann es noch allerdings Wesen von größerem Durchmesser, in mattem Licht leuchtend, erblicken; wie es dann die dämmernde Lichtstellen der Milchstraße noch empfindet.

Daraus ergiebt sich nun folgende Uebersicht der raumdurchdringenden Kräfte, welche Herscheln in seinem reichen Apparat zu Gebote standen:

	Licht-Masse.	Raumdurchdringende Kraft zum Auge.	Raumdurchdringende Kraft nach Sirius-Weiten.
Das Auge	1	1	12
Der Finder	12,67	3,56	42
Der Finder	20,25	4,50	54
2füßiges	164,86	12,84	146
10füßiges	144,48	12,02	144
— —	235,01	15,33	186
7füßiges	410,06	20,25	243
10füßiges	821,97	28,67	344
Klein 20füßiges . . .	1520,92	39,00	466
20füßiges	3742,99	61,18	734
— —	5637,01	75,08	900
Groß 10füßiges . . .	5748,6	75,82	909
40füßiges	36745,5	191,69	2300

Das Auge erreicht also einen Stern in 12 Sirius-Weiten, den das 40füßige noch in 2300 Sirius-Weiten zeigt. Die raumdurchdringende Kraft desselben Instruments kann, durch Bedeckung des Spiegels, verkleinert werden; daher die verschiedenen Kräfte des 10füßigen; die erhöhte Kraft des 20füßigen erhielt Herschel dadurch, daß er den zweyten Spiegel entfernte. — Die Zahlen in der letzten Kolonne sind die Produkte der Zahlen in der vorhergehenden durch 12, weil das unbewaffnete Auge als die Einheit der Kraft (nach dem oben angeführten) so weit reicht. Es ist wahrscheinlich, daß das unbewaffnete Auge weiter reicht, wobey wir uns erinnern, daß von Sternen die Rede ist, gleich dem Arkturus, Capella und so fort, welche wir kurz von der ersten Größe nennen.

Von der Anwendung noch einiges zur Erläuterung. Die Distanz eines einzelnen Sterns ergiebt sich unmittelbar aus der oben angeführten Tafel; ein Stern, der im 7füßigen Fern-Rohr eben noch aus dem Nebel der Nacht hervordämmert — wenn er dem Sirius gleich ist an innerm Wesen — ist 243mal weiter von uns entfernt, als Sirius, Capella, oder überhaupt als ein Stern erster Größe; und gewiß jenseits in größerer Tiefe, wenn dieses Fern-Rohr keine Spur von ihm zeigt. Bey dieser Untersuchung wird auch vorausgesetzt, daß der Weltduft, der Aether,

der Raum vom ausstrahlenden Sternlicht weder etwas in sich sauge noch es verstärke; daß eine absolute Ruhe, Durchsichtigkeit und Gleichgültigkeit des Weltraums weder für Schwächung noch Verstärkung statt finde.

Die Anwendung zur Bestimmung der Distanz oder Tiefe der Sternhaufen hat einiges Eigenthümliche, das ausgehoben werden mag. Wir gehen bey dieser Bestimmung in fremde Systeme über, die offenbar eine eigene Klasse von Wesen ausmachen. Es ist unentschieden, ob die Tausende und Tausende von Sternen, die hier sich vereint haben, von gleicher innerer Lichtstärke sind, als die hellen Sterne in unserer Nähe. Dann sehen wir die einzelnen Sterne in diesem Gewimmel, wenn sie auch unser Fernrohr erreicht hat, nicht mehr auf einem dunklen Grund, sondern auf einem durch das Zusammendrängen der Sterne, aus deren Mitte wir sie — wenn es nicht gerade am Rande sich trift — gleichsam hervorheben müssen, erleuchteten Grunde. Die Zusammengedrängtheit der Sterne führt auch, damit sie als einzelne sichtbar werden, die Nothwendigkeit starker Vergrößerungen mit sich, wobey doch endlich eine wahre Lichtschwächung entsteht; sie führt auch die Möglichkeit oder Gefahr herbey, daß wir anstatt einen einzelnen Stern zu sehen, einen doppelten erblicken, dessen vereinigter Glanz größer ist als des Einzelnen, wie denn der Einfluß der falschen Durchmesser hier noch entschiedener wird. Einige dieser Umstände wirken einander entgegen, da der eine ihn näher, der andere ihn ferner setzt, als das Prinzip der raumdurchdringenden Kraft, nach der angeführten Tafel, angiebt. Der mehr oder weniger dunkle Grund des Himmels hat einen allgemeinen Einfluß, der unserer genaueren Bestimmung sich entzieht. Bey Sternhaufen, die einen bestimmten bedeutenden Durchmesser haben, tritt noch die Frage über die Sichtbarkeit derselben als Ganze ein. Der Stern ist bey der übermäßigen Kleinheit seines Durchmessers, und der gediegenen Licht-Intensität gegen jede Vergrößerung gleichgültig, der Sternhaufen, der als unbestimmte Lichtmasse, wegen seiner großen Entfernung, erscheint, ist dagegen nicht gleichgültig.

Wir gehen zu den Resultaten über.

Die Tiefe der Milchstraße. In der Abhandlung über dieß Sternsystem, oben im ersten Abschnitt, ist angeführt worden, wie allmählig in den Lichtstärkern — oder nach unserer jetzigen Sprache zu reden — in den Instrumenten von fortschreitend größerer raumdurchdringenden Kraft, immer mehr Sterne hervorkommen, immer feinere kleinere Lichtpünktchen heranwimmeln; eine und dieselbe Stelle des Himmels immer reicher und sternbesäeter allmählig in höhern Instrumenten erscheint. Die raumdurchdringende Kraft stieg auf 900 Sternweiten: aber immer schien es

noch, als wollten noch kleinere Sterne hervordämmern, oft wurden sie bey einer stärkern Vergrößerung sichtbar. Die Milchstraße erstreckt sich also, oder kann sich erstrecken, jenseits 900 Sternweiten. — Es ist interessant, dieß mit der Theorie der Aichungen zu vergleichen. Aus der in §. I. angeführten Tafel ergiebt sich, daß wenn die Gesichtslinie bis auf 900 Siriusweiten reichte, in einer Sternsphäre, in welcher die Sterne gleichförmig — also nach Siriusweiten in unserm System — vertheilt und angehäuft sind, im Felde des Herschelschen Fernrohrs über 3000 Sterne sich hätten zeigen müssen, während er etwa 360 zählen oder erblicken konnte. Diese Erscheinung läßt sich so erklären, daß jenseits unsers Standpunkts, im nähern oder fernern Jenseits, ein anderer Maaßstab in Vertheilung der Sterne herrsche (ein größerer), der die Sterne mehr aus einander gestreut; oder daß eine Lücke statt gefunden, zwischen unserm in größerm Maaßstab erbauten System und den uns umgebenden Sternen; oder wir müssen andere Lichtstärke der Sterne in den tiefern Regionen annehmen; eine Dunstwolke, durch die ihr Licht dringt, und geschwächt uns nur wie aus 900facher Siriusweite zu treffen scheint. — Aber ein Jenseits, ein — in immer weiterer Tiefe — Liegen der Sterne ist gewiß angedeutet, durch das allmählige Hervortreten in den stärkern Werkzeugen. Welche Freyheit müßten wir sonst der Natur in unserm System gestatten, daß sie in derselben Distanz Sterne von der 12ten bis 900sten Größe, oder wenigstens an Glanz oder Größe um wenigstens ein halbtausend Stufen verschieden, ausgestreut hätte, während in allen ähnlichen Gebilden sie fast nur eine Gleichheit der Sterne, oder vielleicht einen nur auf kleine Unterschiede sich abstufenden Unterschied gestattet. Warum sollten gerade nur in den reichern Gegenden der Milchstraße diese Sterne von so überwiegender Kleinheit ausgestreut seyn. Es ist allerdings wahr, man findet außerordentlich reiche Felder am Himmel, in welchen alle Sterne gleich sind, also weder Unterschied der Tiefe noch der innern Bildung andeutend; man findet auch außer den gedrängtesten Stellen höchst kleine Sterne; neben einander oft liegen Felder mit kleinen Sternen und wieder mit großen besäet; Stellen von halben Graden innerhalb der Milchstraße mit gleichen Sternen ohne ein Jenseits. Dieß deutet daher sowohl — wie wir schon wissen — daß die Milchstraße kein rein und regelmäßig sich fortsetzendes Ganze ist; und daß eine Freiheit in Sternbildung statt finden mag, was innern Glanz und Wesen betrifft, die größer ist als in andern Systemen. Das angemessenste wird seyn, auch hier sich in der Mitte zu halten, und unserer Milchstraße statt einem Radius wenigstens einen Durchmesser von 900 Sirius-Weiten zu geben, oder, wenn wir die Freyheit in Bildung der Sterne noch größer annehmen, etwa von 100. Immer ist unser System das einzige seiner Art; wenn sich ein Auge 1000 Sirius-Weiten über den Mittelpunkt desselben senkrecht, in

seinen Pol erhöbe, so würde es ihm, wie ein in der Mitte mit hellem Seernglanz leuchtender und diesen kernigen Glanz mit feinem nebligen Sterndunst in weitem Durchmesser umgebener Nebel, der am Himmel über anderthalb Zeichen oder im zweyten Fall über 5 Grad einnähme; wäre das Auge mit Herschels vortrefflichstem Fernrohr bewaffnet, es würde den Sirius, den Arctur und alle seine Glanzgefährten, die Orions Sterne, vielleicht noch andere, aus der Mitte des nebligen Duftes erkennen, vielleicht wäre in der Mitte die Sonne mit überwiegendem Glanze; aber dann würde, weil nun die Gestirne des zärtern Lichts sich lagern, nur ein Nebelring mehr oder weniger elliptisch sich zeigen. Einzelne Verdichtungen, leere Stellen vielleicht würde man erblicken; vielleicht umgäbe ihn dunkler Ring, jenseits dessen erst die zerstreutere dünnere Nebelwelt erschiene. Ungewiß wäre es, ob eine Licht-Atmosphäre diesen Kern umgäbe, oder ein unendliches Gewimmel von Sternen, vom höchsten Glanz bis auf die kleinste Stufe von Licht, in den Raum ausgebreitet.

Tiefe der Sternhaufen in der Milchstraße. Folgende Tafel enthält die Resultate der Messungen, welche Herschel nach dem Prinzip der raumdurchdringenden Kraft — unter Voraussetzungen, die dabey zum Grunde liegen — erhalten hat; ich habe zugleich die scheinbaren Durchmesser, die wahren Durchmesser in Sirius-Weiten und die Licht-Intensität der Sterne in Sternhaufen (unter Voraussetzung der Abnahme mit dem Quadrat der Entfernung) beygefügt, nebst der Beschreibung bey einigen.

Nr.	Distanz.	Durchmesser wahrer.	Durchmesser scheinbarer. Min.	Licht-Intensität.	Beschreibung.
Frz. Verz. 11	144	0,50	9 — 12	0,0000482	
35	144	0,84	20		Ohne Zusammendrängung
12	186	0,38	7	0,0000352	Gedrängte Mitte
10	243	0,28	4	0,0000163	
71	243	0,24	3,5		
9	344	0,40	3 — 4	0,0000084	
19	—	0,45	4 — 5		Gedrängte Mitte
22	—	0,80	8		Gedrängte Mitte
56	—	0,36	3,5		Kugelig
62	734	0,90	4 — 5	0,0000018	Kugelig
80	—	0,43	2		Kugelig
Kl. VI. 11	—	0,41	1 — 2		Miniatur v. Frz. Nr. 19.
35	900	0,26	1	0,0000012	Aeußerst gedrängt
38	—	0,10	0,5		irr Figur.

Diese Sternhaufen finden sich in den verschiedensten Theilen der Milchstraße, im Schwan, in der Nähe des Antinous, wie sich aus dem französischen Verzeichnisse ergiebt. Einige sind dem blosen Auge sichtbar; der 11te, der 35ste am linken Fuße des Kastors,

der 10te. Einige sind ohne Zusammendrängung, einige haben die reinste Kugelform.

In der Anmerkung (* 8) habe ich die in mehrerer Hinsicht interessante Beschreibungen Herschels, von den verschiedenen Erscheinungen dieser Sternhaufen in seinen Werkzeugen tabellarisch aufgeführt, und gebe hier bloß ein Beyspiel. Der Sternhaufen Nr. 22. wird in die Entfernung von 344 Sirius-Weiten gesetzt. Das siebenfüßige Fernrohr zeigt ihn mit 227facher Vergrößerung sehr unvollkommen; die 460fache hat nicht Licht genug, um ihn erkennbar zu machen; das kleine 20füßige lößt ihn mit 200facher Vergrößerung gänzlich in Sterne auf; es sind sehr kleine Sterne, gedrängt, man zählt einige hundert; auch die 350fache Vergrößerung sieht noch die Sterne deutlich, obgleich der Nebel zu tief steht. Das Zehnfüßige nennt ihn einen Sternhaufen; das 20füßige mit 157facher Vergrößerung unterscheidet Sterne von verschiedener Größe, zeigt eine gedrängte Mitte von 4 Min. Durchmesser, und der ganze Haufen hat eine Ausdehnung von 8 Minuten.

Es ist kaum nöthig zu bemerken, daß die angegebenen Distanzen nicht absolut strenge zu nehmen sind; es sind nur Gränzen angegeben; dieß ergiebt sich aus dem verschiedenen Verhalten der Sterne, was die Lichtstärke betrifft, in den Haufen gleicher Entfernung.

Die übrigen Sternhaufen außerhalb der Milchstraße nach ihrer Tiefe im Raum gibt folgende Tafel:

Nr.	Distanz.	Durchmesser wahrer.	Durchmesser scheinbarer. Min.	Licht-Intensität.	Beschreibung.
Frz. Verz. 34	144	0,63	15	0,0000482	
2	243	0,49	6	0,0000163	
3	—	0,31	4 — 5	—	
5	—	0,56	7 — 8	—	
13	—	0,56	7 — 8	—	
15	—	0,43	6	—	
72	243	0,19	2,7	0,0000482	Kugelig.
74	—	0,85	12	—	
92	—	0,49	6 — 7	—	
4	344	0,25	2,5	0,0000084	
30	—	0,30	3,1	—	
33	—	1,81	18	—	
63	--	0,35	3 — 4	—	
79	—	0,28	2,8	—	Kugelig.
55	400	0,93	8	—	
Kl. IV. 12	466	0,14	1	—	Miniatur Frz. Nro. 19.
17	600	0,87	5	—	Miniatur Frz. Nro. 35.
Frz. Verz. 69	734	0,43	2	0,0000018	
75	—	0,43	2	—	Kugelig.
Kl. VI. 7	—	2,14	8 — 10	—	á. kleine Sterne.
9	—	1,28	6 — 7	—	Gedrängt.

Nr.	Distanz.	Durchmesser wahrer.	Durchmesser scheinbarer. Min.	Licht-Intensität.	Beschreibung.
Kl. VI. 10	—	0,21	1 — 2		sehr gedrängt.
20	—	2,13	8 — 9	—	irr rund.
Frz. Verz. 14	900	1,53	7	0,0000012	Sterne auf, vor ihm.
77	—	0,39	1,6	—	
Kl. VI. 26	—	1,05	4	—	sehr gedrängt.
41	—	0,78	3	—	rund, sehr stufenw., H. M. unermeßlich reich.
Kl. IV. 63	—	1,05	4	—	irr rund, sehr stufend, v. H. Mitte.
Frz. Verz. 57	950	0,41	1,4		
1	980	1,14	4		
97	—	0,57	2		

Um den oben S. 37. aufgestellten Begriff von Miniatur-Sternhaufen anschaulicher zu machen, stehe hier die Beschreibung des 3ten und 62sten im Franz. Verzeichniß. Der 3te in der 243sten Sirius-Weite, sieht im Finder hell aus wie ein benachbarter Stern, etwas größer und duftig. Das Siebenfüßige zeigt mit 80facher Vergrößerung schon mehrere Sterne; mit 460facher ist er kaum zu sehen, doch Vermuthung von Sternen da. Im Zehnfüßigen sieht man mit 120facher Vergrößerung die Sterne deutlich; der Zwanzigfache nennt ihn schön, kugelig, von 6 Min. Durchmesser; das große Zehnfüßige giebt ihm mit 171facher Vergrößerung nur 4½ Min. Durchmesser. — Der 62ste wird in 734 Sirius-Weiten gesetzt. Das Zehnfüßige mit 250facher Vergrößerung giebt starke Vermuthung oder fast Gewißheit, daß er aus Sternen bestehe. Das Zwanzigfache, mit 157facher Vergrößerung nennt ihn äußerst hell, rund, allmählig stufenweise heller in der Mitte, von 4 bis 5 Min. Durchmesser. Erst die 240fache Vergrößerung zeigt bey großer Aufmerksamkeit die Sterne. Er ist eine Miniatur von Nr. 3. des Franz. Verzeichnisses.

Man kann die nicht in diesem Verzeichniß aufgeführten Sternhaufen, vielleicht auch manche Nebel aus den 3 ersten Klassen des Herschelschen Verzeichnisses, in dasselbe einrücken, wenn die Beschreibungen sich vergleichen lassen.

Für die Theorie, worauf die Ausmessung des Himmels beruht, mögen folgende Bemerkungen dienen. Offenbar zeigt sich aus den Beobachtungen Herschels, daß die Anwendung des Prinzips einige Unregelmäßigkeiten mit sich führe, 1) wenn man die Wirkung der verschiedenen Telescope auf Sternhaufen in gleicher Distanz beerachtet; 2) wenn man auf die Wirkung der Vergrößerung und die dadurch veränderten Licht-Intensitäten, 3) auf die Wirkung einer und derselben Kraft in den verschiedenen Distanz-Klassen Rücksicht nimmt. Im allgemeinen muß die Gesammtheit

der Resultate als richtig gelten, — vorausgesetzt die Grundlage der Theorie —, wenn auch gleich im Einzelnen einige Zweifel obwalten. In der Anmerkung finden sich die Beyspiele gesammelt. (* 8.)

Mögliche — oder erreichbare — Tiefe der Sternhaufen, als Ganze betrachtet. Den vereinten Glanz der Sterne in Kastors Sternhaufen, auf einen Raum von 20 Minuten ergossen, erkennt das unbewaffnete Auge noch aus der Entfernung von 144 Sirius-Weiten; die Licht-Intensität ist nur 4 Hunderttausendstel des Sirius-Lichtes, das Zehnfüßige würde ihn noch erreichen, wenn er 28,67 mal weiter entfernt wäre, das Zwanzigfüßige in 61,16fach größerer Entfernung: also aus der Tiefe von 4000 und fast 9000 Sirius-Weiten. Den 15ten beym Pegasus, einen kugeligen Sternhaufen von 6 Minuten Durchmesser, mit der höchsten Kraft des Zwanzigfüßigen würden wir noch aus einer Tiefe von 18244 Sirius-Weiten erkennen; er würde uns etwa wie ein kleiner Stern mit etwas größerem Durchmesser erscheinen. Im Finder (* 9) des Fernrohrs zeigen sich schon mehrere Sternhaufen als sichtbare Gegenstände, ob er gleich nur viermal weiter trägt als das Auge, ein teleskopischer Komet, ein sterniger Nebel oder ein Stern mit etwas duftigem Nebel umgeben, sind vielleicht nur Sternhaufen in unmeßbarer Tiefe. Folgendes Täfelchen giebt die Resultate, die Herschel aus den Erscheinungen einiger Sternhaufen zieht.

Französisches Verzeichniß Nr.	35	15	2	75
erreicht vom Auge in der Distanz	144	243	75	183
— — 20füßigen in der Distanz	8809	18244	4561	13707
— — 40füßigen — — —	27572	46522	11645	35175

Nur kurz, zur Erläuterung bemerke ich folgendes, als unbestreitbares Resultat der Beobachtung; wäre wirklich und in der That ein Sternhaufen aus Sternen zusammengeflossen, wie der 75te im französischen Verzeichniß, an Glanz gleich den Sternen erster Größe um uns her, so würde ihn Herschel aus der Tiefe von 35,000 Sirius-Weiten noch erblicken: oder wenn der Weltraum vollkommen durchsichtig ist, so umfaßt ihn Herschels Telescop bis in eine Tiefe von 35000 Sirius-Weiten.

Die Tiefe der gestaltlosen Nebel-Massen läßt sich nicht wohl nach dem angegebenen Prinzip bestimmen. Herschel hält den Orions Nebel für den Nächsten, weil die Sterne gleichsam hinter ihm hervorzudämmern scheinen. Die Lichtstärke dieser Nebel schränkt er auf wenige Grade ein, vielleicht auch ihre Distanzen. Die entfernteren werden unsichtbar, und verlieren sich auf der Himmelsfläche, die selbst mit mattem Schimmer bedeckt, und nicht die Nacht sondern dieser Schimmer setzt der Raumdurchdringenden Kraft unsrer Werkzeuge Schranken.

Einige Folgerungen bieten sich von selbst an.

Daß dem unbewaffneten Auge nur wenige dieser Sternhaufen sichtbar sind*), indem es von 16, die sich in der 144sten und 243sten Stern-Weite befinden, nur 4 erblickt, und in einer größern Entfernung keinen mehr, muß offenbar dem innern Zustand des zusammengedrängten oder des eigenthümlichen Lichts zugemessen werden; in ziemlich enge Gränzen würden aber diese Abstufungen dadurch eingeschlossen erscheinen: wiewohl die Beobachtung selbst über die Lichtstärke mancherley Andeutungen einer größern Freyheit giebt. — Die Kraft des vereinten Stern-Lichts oder die Empfindlichkeit des Auges dafür — wenn jenes über einen hinlänglich großen Raum verbreitet ist — ließe sich aus diesen Beobachtungen bestimmen. Der schöne Sternhaufen im Gürtel des Herkules (Franz. Verz. Nr. 13.) 9 Min. im Durchmesser, rührt das Auge noch aus 243facher Stern-Weite; die Licht-Intensität desselben, als ein Ganzes, als eine erleuchtete Scheibe von 9 Min. Durchmesser betrachtet, ist 57000mal geringer als Sirius-Licht. Dem bewaffneten Auge verschwand bei 460facher Vergrößerung der Sternhaufen Nr. 22; er ist in 344 Sirius-Weiten entfernt; gelten für ihn als Ganzes betrachtet die gemeinen Gesetze der Vergrößerung, so war sein Licht 5,000,000mal schwächer als das Sirius-Licht, fast 100mal schwächer als das Licht, womit der Sternhaufen im Herkules dem unbewaffneten Auge verschwand. — Man nimmt gewöhnlich den Sirius, überhaupt den nächsten Stern 400,000mal weiter von uns entfernt an, als die Sonne. Die Intensität des Lichts, das aus dem angeführten Sternhaufen noch das Auge rührte, ist über 9000 Billionen mal schwächer als das Sonnen-Licht, wenn die Sterne jenes Sternhaufens wirklich Sonnen sind. Würde ein Fernrohr erdacht, das 95 Millionen mal vergrößerte und man betrachtete damit die Sonnenscheibe, so würde dann ihr Glanz sich in gleicher Schwäche darstellen: oder wenn Herschel die Sonne mit seinem Siebenfüßigen bei 600 Millionenfacher Vergrößerung betrachtete, würde das Licht der Sonne dem Licht jenes Sternhaufens gleichen. Selbst die Nacht sieht das Auge, wenn sie auf immer noch dunklerer Nacht ruht und von ihr umgeben ist.

Die wahren Durchmesser oder der wirkliche Inhalt dieser Stern-Gebilde, ist das Nächste, was unsre Aufmerksamkeit anspricht. Hier wollen wir unsres Maaßstabes uns erinnern, den wir oben als eine Sirius-Weite angenommen haben, und ihn mit bekanntern vergleichen, die unserm Sonnensystem angehören. Den nächsten Stern nennen die Astronomen denjenigen, von dem aus gesehen, die Erdbahn etwa unter dem Winkel von einer Sekunde erscheint. Um ihn zu erreichen, müßten 44 Millionen Sonnen neben einander gestellt werden; oder wenn wir diese Sonnen in Zwi-

*) S. die Uebersicht in der 8. Anmerkung.

schenräume setzen, so groß als eine Uranus-Distanz von der Sonne beträgt, so reihen sich immer noch 44000 Sonnen an einander, bis sie zum Sirius gelangen. Eine Kugel, die solch einen Radius hätte, faßte leicht eine Billion solcher Sonnen, ein Gedanke, der das Endliche wirklich zum Unendlichen macht. Wenn wir diese Sonnen auch um 40 Uranus-Weiten auseinander legen, so ist die Anzahl derselben, womit wir einen sphärischen Raum, dessen Radius Eine Sirius-Weite ist, ausfüllen können, immer noch noch größer, als alles was wir zählen können. Was finden wir aber bei unsern Sternhaufen, deren viele wirklich einen sphärischen Raum mit Sternen erfüllt, vorstellen, für Durchmesser? Nur zwei derselben haben wirklich einen Radius, der eine Sirius-Weite beträgt, nämlich Kl. VI. 7. und VI. 20. in der 734fachen Entfernung, alle übrigen sind meist bedeutend kleiner, ja der wahre Durchmesser von Kl. VI. 12. ist kaum etwas über ⅒ einer Sirius-Weite. Der Durchmesser eines Sternsystems kleiner als die Entfernung, ja 10 und 20mal kleiner als die Entfernung des uns nächsten Fixsterns! In jenen Gegenden eine Sphäre, die in unserer Nähe nur Eine Sonne ausfüllt und mit Planeten und Kometen bevölkert hat, ja ein noch 1000mal kleinerer Raum mit einem Gewimmel von Sternen erfüllt, die sich durch gemeinschaftliche Kräfte binden, zusammendrängen und sich erhalten! Ohne Wahl und Ordnung scheinen sie am Himmel zerstreut und in mannichfacher Entfernung größere und kleinere.

Welches Feld eröffnet sich uns zu Betrachtungen über diese auffallende Erscheinung, welches Räthsel über das Wesen des Lichts und der Sterne, oder, über die bildenden Kräfte, welche jene Wesen zusammengeführt haben! Herschel sagt in der Abhandlung über die Sonne: Wollte man den Sternen in den Sternhaufen dieselbe Distanz geben, wie den Sternen in unserer Nähe, müßte man sie über 40,000 Sirius-Weiten entfernen; um den Glanz des Sirius auf den Glanz eines Sterns von 42,000 Sirius-Weiten herunter zu bringen, müßte ich die Oeffnung eines 20füßigen Fernrohrs auf 0″,22 herabsetzen: gewiß würde ich dann gar keinen Stern mehr sehen. — Wollten wir unsere Sternhaufen, um ihnen einen größern Durchmessrr zu schaffen, 100mal weiter entfernen, so würden wir laut der Tafeln 13 bis 200 Sirius-Weiten erhalten, als den Durchmesser der Kugel, welche von Sternen erfüllt ist; sie werden dann in die Entfernung von 14,000 bis auf 90,000 Sirius-Weiten gerückt werden müssen. Es ist aber unmöglich, durch irgend eines unserer Fernröhre in dieser Weite einen Stern zu sehen, der an innerm Glanz den Sternen erster Größe ähnlich wäre. Einer ungemessenen Zusammendrängung der Sterne kann man diese größere Lichtstärke, die hier erfordert würde, eben so wenig zuschreiben. So räthselhaft diese Erscheinung, so räthselhafter würde sie, wenn wir etwa diese Sternhaufen uns näher

rücken wollten; die Zusammendrängung, die Durchmesser würden noch kleiner, vielleicht 1000 Sonnen in einem Raum, der nur $\frac{1}{400}$ des Raums ist, den unsere Sonne einnimmt. — Hätte wirklich einer von diesen Sternhaufen einen Durchmesser von 100, oder gar 500 Sirius-Weiten, so müßte man wohl den Unterschied ihrer Sterne einigermaaßen erkennen.

Vergleichen wir diesen Inhalt mit den Abmessungen unserer Milchstraße, so tritt das Auffallende noch mehr hervor. Das Prinzip, nach welchem die Tiefe der Milchstraße gemessen wurde, ist dasselbe, nach welchem die Tiefe dieser Sternhaufen im Raume bestimmt worden. Auch stimmt das Prinzip der Aichungen — wie wir oben gesehen — mit demselben zusammen, indem Sterne der Milchstraße und Sterne dieser Haufen ganz gleich, ja jene kleiner erscheinen; diese Haufen sind wirklich zum Theil eingeschlossen, zum Theil jenseits unserer Milchstraße. Sollten wir vielleicht die kleinern Sterne, die uns umgeben, für näher halten, als die Sterne, die glänzenden, die wir zum Maaßstab unserer Distanzen genommen haben? Es ist möglich und die Beobachtung hat darüber nichts entschieden. Diese Annahme ist aber im Widerspruch mit der über die Sternhaufen, zu der wir uns wandten, um ihnen einen angemessenen Durchmesser zu erhalten. Wollten wir die ungeheuren leeren Räume, die sich zwischen uns, und den bekannten Sternen erster und zweyter Größe finden, mit viel kleineren Sternen ausfüllen, so zeigt wenigstens die Beobachtung keine solche Regelmäßigkeit, wie wir sie bey den Sternhaufen finden. Es ist unwidersprechlich und über alle Zweifel gewiß, daß keiner der Sternhaufen uns auf Sirius-Weite, oder auch nur 10 Sirius-Weiten nahe gerückt werden kann, ohne ihren Inhalt, die Lichtkraft der in ihnen enthaltenen Sterne, die Wirkung ihrer anziehenden Kraft auf einander, ja auf uns selbst über alle Maaßen herabzusetzen.

Die einfachste und wahrscheinlichste Folgerung, die wir aus dieser Betrachtung ziehen können, ist wohl diese, daß das System, in welchem unsere Sonne herrscht, das Einzige seiner Art, vielleicht das Einzige überhaupt in den uns nächsten Räumen seye; es mögen in jenseitigen uns unergründlichen Gegenden noch andre Glieder und Systeme des Alls sich ausbreiten, für uns sind sie nicht vorhanden.

Werfen wir einen Blick rückwärts auf das, was nach der bisherigen Entwicklung uns Herschel gelehrt.

Die Milchstraße ist ergründet: es ist wahrhaft ein Sternsystem; wir in einer Stelle desselben, die durch Umgebung, Gediegenheit und Ausbreitung der Sterne eine entschiedene Eigenthümlichkeit hat.

Einen Reichthum und freye Vertheilung unabhängiger Bildun-

gen gewahren wir innerhalb dieses Systems, außerhalb desselben, vielleicht in entschiedener Beziehung. Der Schlüssel zu ihrer Deutung scheint nur dieser zu seyn, daß die bildenden Kräfte früher und später ihre Wirkung äußerten. Der alte Gedanke, von großen Centralkörpern und ungeheuren Klumpen, welche solche vereinigte Systeme regieren, ist verschwunden. Ungemessene Mengen von Lichtfunken in freyer Vereinigung und Gleichheit finden sich in den einzelnen Sternschwärmen. Der beschränkende Gedanke, daß die einzelnen Glieder alle nur nach Einer Urform gebildet, ist verschwunden.

Eine mehrere Tausend übersteigende Sammlung eigenthümlicher himmlischer Wesen hat unsere Kenntniß bereichert; mannichfach in Bau, Bildung, Verbindung und Zusammenhang. In Sterne sind mehrere derselben aufgelöst, und die zwey merkwürdigen Gesetze der Zusammendrängung sind aufgestellt. Große Nebelschichten sind uns vorgeführt, die noch die unaufgeschlossenen Keime neuer Schöpfungen in sich tragen, oder eine Mittelstufe zwischen dem Weltäther und den Sternen bilden.

Anmerkungen.

(* 1) S. 2. Die Abhandlungen Herschels, welche den Stoff des ersten Buchs und seine Grundlage ausmachen, sind folgende, sämmtlich in den Philosophical Transactions enthalten.

Account of some observations, tending to investigate the construction of the heavens. (Nachricht von einigen Beobachtungen, um den Bau des Himmels zu erforschen). Sie ist vorgelesen in der Königlichen Gesellschaft Jun. 17. 1784. —

On the construction of the heavens. (Ueber den Bau des Himmels). Gelesen 3. Febr. 1785. —

Catalogue of one Thousand new Nebulae and Clusters of stars. (Verzeichniß von Einem Tausend neuer Nebel und Sternhaufen). Gelesen 27. April 1786. —

Catalogue of a second Thousand of new Nebulae and Clusters of stars; with a few introductory Remarks on the Construction of the heavens. (Verzeichniß eines zweyten Tausends neuer Nebel und Sternhaufen, sammt einigen vorläufigen Bemerkungen über den Bau des Himmels). Gelesen 11. Jun. 1789. —

Catalogue of 500 new Nebulae, nebulous stars, planetary Nebulae, and Clusters of stars; with Remarks on the Construction of the Heavens. (Verzeichniß von 500 neuen Nebeln und nebligen Sternen; planetarischen Nebeln und Sternhaufen; sammt Bemerkungen über den Bau des Himmels). Gelesen Jul. 1802. —

Astronomical Observations relating to the Construction of the heavens, arranged for the purpose of a critical examination, the result of which appears to throw some new light upon the organisation of the celestial bodies. (Astronomische Beobachtungen den Bau des Himmels betreffend, zum Behuf einer kritischen Untersuchung geordnet, deren Ergebniß ein neues Licht auf die Organisation der himmlischen Körper zu werfen scheint). Gelesen 20. Jun. 1811. —

Astronomical observations relating to the Sideral part of the heavens, and its connection with the nebulous part, arranged for the purpose of a critical examination. (Astronomische Beobachtungen, betreffend den sternigen Theil des Himmels, und seine Verbindung mit dem nebligen Theil, geordnet zum Behuf einer kritischen Untersuchung). Gelesen 24. Febr. 1814.

Astronomical observations and experiments, tending to investigate the local arrangement of the celestial bodies in Space, and to determine the extent and condition of the milky Way. (Astronomische Beobachtungen und Versuche, um die Vertheilung der Himmelskörper im Raum auszumitteln, und den Umfang und Beschaffenheit der Milchstraße zu bestimmen). Gelesen 19. Jun. 1817.

Astronomical observations and experiments, selected for the purpose of ascertaining the relative distance of Clusters of stars, and of investigation how far the power of our telescopes may be expected to reach into Space, when directed to ambiguous celestial objects.

4 *

(Astronomische Beobachtungen und Versuche, in einer Auswahl, um die wechselseitige Entfernung der Sternhaufen zur Gewißheit zu bringen, und um zu bestimmen, was man von unsern Instrumenten erwarten könne, um zweifelhafte himmlische Gegenstände im Raume zu erreichen.) Gelesen 11. Juni 1818.

(* 2) S. 3. Dieses merkwürdige Bekenntniß la Lande's lautet wörtlich wie folgt: „On voit avec les telescopes les étoiles dans toutes les parties du ciel, a peu près comme dans la voie lactée, ou dans les nebuleuses. On ne saurait douter, qu'une partie de l'éclat ét de la blancheur de la voie lactée ne provienne de la lumière des petites étoiles, qui s'y trouvent en effet par des millions; cependant avec les plus grands telescopes, on n'en distingue pas assez, et elles n'y sont pas assez rapproches les uns des autres, pour qu'on puisse attribuer à celles qu'on distingue la blancheur de la voie l'actée, si sensible à la vue simple. L'on ne saurait donc prononcer, que les étoiles soient la *seule cause* de cette blancheur, quoique nous ne connaissons aucune manière satisfaisante de l'expliquer." Astronom. §. 835. Herschel führt diese Stelle an in der Abhandlung von 1784.

(* 3) S. 7. In der Beylage 1), welche die Stern-Aichungen vollständig beschreibt, wie sie Herschel in der Abhandlung v. J. 1785 mitgetheilt hat, bedeutet die erste Spalte die Minuten und Sekunden der Gerad-Aufsteigung; die zweyte Spalte Grade und Minuten der Polardistanz, für die Zeit des Flamstead'schen Katalogs; die dritte begreift die Stern-Menge in einem Gesichtsfeld, also das Resultat der Aichung; die vierte sagt, aus wie vielen gezählten Gesichtsfeldern jenes Resultat erhalten worden sey. Am Ende des Verzeichnisses befinden sich noch einige besondere Bemerkungen.

Ich habe an den Zonen 50 — 60 Grad u. s. w. bis 90 — 100 versucht, die gesammte Stern-Menge zur Anschauung zu bringen, wie auch den Gang des Stern-Reichthums am Himmel, wie aus folgender Tabelle erhellt:

Tabelle über den Stern-Reichthum, aus Herschels Aichungen.

Stunde.	Zone 50 — 60			60 — 70			70 — 80			80 — 90			90 — 100		
	Sterne.	Felder.	Sterne in 10 Feldern.	Sterne.	Felder.	Sterne in 10 Feldern.	Sterne.	Felder.	Sterne in 10 Feldern.	Sterne.	Felder.	Sterne in 10 Feldern.	Sterne.	Felder.	Sterne in 10 Feldern.
0	101	4	252	621	42	152	966	80	121	135	20	67	,	,	,
1	301	11	273	634	52	124	436	40	109	58	10	58	282	40	71
2	15	1	150	310	21	152	533	50	106	254	40	63	362	50	72
3	145	35	41	15	1	150	186	30	62	154	20	77	81	10	81
4	—	—	—	375	22	170	98	3	326	406	22	184	235	20	117
5	—	—	—	398	8	497	331	4,5	733	779	25	538	610	31	196
6	—	—	—	180	2,5	720	347	6	578	745	16,5	451	1070	13	825
7	—	—	—	—	—	—	118	2	590	283	10	283	342	4	976
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	490	21	245
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	192	20	86	328	30	109
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	114	20	57	65	10	65
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	114	25	45	105	20	52
12	—	—	—	—	—	—	95	30	32	46	10	40	81	10	81
13	74	10	74	—	—	—	51	15	40	—	—	—	—	—	—

Stunde.	Zone 50 — 60			60 — 70			70 — 80			80 — 90			90 — 100		
	Sterne.	Felder.	Sterne in 10 Feldern.	Sterne.	Felder.	Sterne in 10 Feldern.	Sterne.	Felder.	Sterne in 10 Feldern.	Sterne.	Felder.	Sterne in 10 Feldern.	Sterne.	Felder.	Sterne in 10 Feldern.
14	191	20	95	352	50	74	—	—	—	62	19	32	—	—	—
15	320	30	106	596	70	85	114	16	71	11	5	22	501	46	108
16	420	30	140	1592	94	177	102	7	145	425	32	132	679	46	147
17	160	20	230	1322	45	282	—	—	—	—	—	—	261	20	140
18	676	14	454	640	11,5	730	440	3,75	1173	—	—	—	1954	78	250
19	2541	17	1500	—	—	—	970	7	1385	—	—	—	567	11	540
20	758	9	824	719	7,75	806	626	5,75	1087	—	—	—	842	31	271
21	546	14	436	382	6	633	478	18	268	—	—	—	557	39	142
22	172	10	172	1148	50	209	1341	91	147	151	11	137	314	55	90
23	187	10	187	978	61	160	129	11	117	153	20	76	150	20	75

Die Summe aller von Herschel gezählten Sterne und Felder in den verschiedenen Zonen ist folgende:

6907	235	10012	660	7341	419	4082	323	9897	584

Aus dem Verhältniß der Stern-Menge zu den Feldern ließe sich etwa auch der Reichthum der einzelnen Zonen beurtheilen. Auf gleiche Weise könnte man mit irgend einem andern Durchschnitte durch unser System verfahren. Herschel hat einen dergleichen in Zeichnung gebracht.

(* 4). S. 13. Die Abhandlung von 1814 enthält in dem Paragraph 10 — 18 die vollständige Anordnung aller von Herschel und den Franzosen beobachteten Sternhaufen, nach den im Text gegebenen Gesichtspunkten. Ich habe sie in den Beylagen 2 und 3 gesondert beschrieben, sie machen die VIte, VIIte und VIIIte Klasse des Herschelschen allgemeinen Verzeichnisses aus, und darauf bezieht sich die Bezeichnung aller dieser Sternhaufen, indem die römische Zahl die Klasse, die arabische die Nummer nach der Ordnung der einzelnen Klassen bedeutet. In dem 3ten Abschnitt dieses Buchs findet sich die allgemeine Betrachtung der sämmtlichen Klassen. Die gebrauchten Abkürzungen der Schrift sind aus folgendem verständlich:

z. bedeutet ziemlich,
b. — bedeutend,
s. — sehr,
ä. — äußerst,
Gr. — Groß, Größe,
kl. — klein,
F. — Figur,
r. — rund,
M. — Mitte,
H. — Hell,
h. — heller,
D. — dünn, düster, lichtschwach, zart,
et. — etwas,
Dm — Durchmesser,
Str — Stern,
bd. bedeutet bedeutend,
gedr. — gedrängt,
grb — grob,
l. — lang,
br. — breit,
zrstrt — zerstreut,
ir. — irregulär,
O, S, W, N, Ost, Süd, West, Nord,
gd. — gedehnt,
st. — stufenweis,
p. — plötzlich,
K. — Kern,
Mer. — Meridian,
Par. — Parallel.

(* 5) S. 16. In der Abhandlung von 1817. „Ich muß nun bemer„ken, daß, obgleich eine größere Menge von Sternen im Gesichtsfeld im „Allgemeinen ein Anzeichen von größerer Distanz ist, doch in der That

„die Stern-Aichungen sich unmittelbar mehr auf die Zerstreuung der Ster-„ne beziehen, worüber sie uns in Kenntniß setzen, und den verschiede-„nen Stern-Reichthum an den verschiedenen Stellen des Himmels „darlegen."

(* 6) S. 18. Die Abhandlung von 1802 im §. IV. spricht von den reichen Stellen im Schwan, die gegen zwey Punkte hin sich um Haufen zu bilden ziehen. „Diese milchige Erscheinungen verdienen gewiß den Namen — sich zu Haufen bildende Ansammlungen — da sie gewiß heller gegen die Mitte sind, und zärter an ihren unbestimmten Gränzen. Denn in meinen Streifzügen durch den Himmel ist es vollkommen zur Gewißheit gebracht, daß die Helligkeit der Milchstraße einzig von Sternen herrührt, und daß ihre Gedrängtheit im Verhältniß mit ihrem Glanze wächst. Allerdings konnten wir auch beydes — Gedrängtheit und Glanz — einer größern Tiefe des Raums zuschreiben, in welchem die Sterne sich befinden; doch auch daraus ergibt sich der Zug nach Haufen-Bildung. Denn da die Zunahme der Helligkeit stufenweise ist, so muß der Raum, der die in Haufen sich sammelnden Sterne enthält, nach einer sphärischen Gestalt streben, wenn die allmählige Zunahme der Helligkeit sich durch die Lage der Sterne soll erklären lassen."

(* 7) S. 23. Die vollständige Entwicklung lautet in der Abhandlung von 1811 also:

„Im Jahr 1774 den 4ten Merz beobachtete ich den Nebel-Stern „(Nro. 43 des franz. Verzeichnisses) einige Minuten nordwärts vom gro-„ßen Nebel; zur selbigen Zeit richtete ich auch einen Augenmerk auf zwey „ähnliche, aber viel kleinere Nebelsterne, zu beyden Seiten des erstern, „und nahezu in gleicher Entfernung von ihm." S. Fig. 37. — Im Jahr 1783 untersuchte ich den nebeligen Stern, und fand ihn zart umgeben mit einer kreisförmigen Glorie weißlichen Nebels, der sich zart mit dem großen Nebel vereinigte. Gegen das Ende desselben Jahrs bemerkte ich, daß er nicht gleichförmig umgeben war, sondern mehr neblig gegen Süden. — Im Jahr 1784 fing ich an die Meinung zu hegen, daß der Stern nicht mit dem großen Orions-Nebel in Verbindung stehe, sondern blos einer von den Sternen sey, die über jene Gegend des Himmels ausgestreut sind. — Im Jahr 1801, 1806, 1810 war diese Meinung vollkommen bestätigt durch die allmälige Veränderung (gradual change), welche in dem großen Nebel vorging, zu welchem auch der den Stern umgebende gehört. Denn um diese Zeit war die Lichtstärke um den Nebelstern herum beträchtlich vermindert, durch die Verdünnung oder Zerstreuung der Nebel-Materie, und es schien mir ziemlich augenscheinlich, daß der Stern jenseits der Nebel-Materie ist, und daß demnach sein Licht, bey seinem Durchgang durch dieselbe, zerstreut und abgelenkt wird, so daß das Ansehn eines nebligen Sternes entsteht. Ein ähnliches Phänomen kann man sehen, wenn ein Planet oder ein Stern der ersten Größe gerade in Duft gehüllt ist, man sieht dann ein zerflossenes kreisförmiges Licht, mit welchem, wiewohl in weit niedrigerm Grad, der neblige Stern Aehnlichkeit hat. Als ich im December 1810 diesen interessanten Gegenstand wieder betrachtete, richtete ich meine Aufmerksamkeit vorzüglich auf die zwey kleinen nebligen Sterne, zu beyden Seiten des Größern, und fand, daß sie frey von allem nebligen Schein waren. Dieß bestätigte nicht blos meine vorige Ansicht von der großen Verdünnung der Nebligkeit, sondern bewies zugleich, daß ihre vorherige neblige Erscheinung einzig nur die Wirkung des Durchgangs von schwachem Licht durch die Nebel-Materie war, welche vor diesseits derselben verbreitet war. — Den 19. Juni 1811 stellte ich eine andere kritische Untersuchung dieses Gegenstands an, mit Hülfe eines sehr klaren Blickes durch das 40füßige Telescop. Aber ungeachtet der überwiegenden Lichtstärke dieses Instruments, konnte ich keinen Rückstand von Nebel um

die kleinen Sterne herum erblicken; sie waren vollkommen klar, und in derselben Stellung, wo ich sie vor 37 Jahren in Nebel gehüllt erblickt hatte.

Als ich den Orions-Nebel im Jahr 1774 betrachtete, nahm ich folgendes Memorandum: „Seine Gestalt ist nicht wie in Hrn. Smiths Zeichnung, wiewohl in etwas ähnlich, ungefähr wie in Fig. 37. Daraus läßt sich schließen, daß ohne Zweifel in der Region der Firsterne Veränderungen vorgehen; vielleicht ließe sich aus einer sorgfältigen Beobachtung dieses leuchtenden Flecks in Betreff ihrer Natur etwas sich ausmitteln." — Im Januar 1783 zeigte sich die Nebelgestalt viel anders, als im Jahr 1780, und im September hatte sie während der Zwischenzeit bereits wieder Veränderungen erlitten, — im März 1811. In der Absicht, um solche auffallende Veränderungen in dem Zustande der Nebel-Materie zur Gewißheit und Verlässigkeit zu bringen, wählte ich ein Telescop, welches dieselbe Lichtstärke und Vergrößerung hatte, wie das vor 37 Jahr gebrauchte, als ich die oben angeführte Zeichnung entwarf: die wechselseitige Lage der Sterne war dieselbe geblieben, aber die Anordnung des Nebels fand ich beträchtlich verschieden. Der nördliche Zweig N ist immer noch nahezu parallel mit der Richtung der Sterne a, b; aber der südliche Zweig S dehnt sich nicht mehr gegen den Stern d, seine Richtung geht nunmehr nach dem Sterne e, der sehr zart darein gehüllt ist. Auch die Gestalt dieses Zweigs ist verschieden, der Nebel im Parallele P, F, der drey Sterne ist jezt mehr als vormals gegen Osten hingerückt.

Ich verglich auch das gegenwärtige Aussehn mit der Zeichnung, welche Huyghens in seinem Systema saturnium S. 8 gegeben hat, und wovon Fig. 38 eine Kopie ist. Die zwölf Sterne, welche er angegeben hat, sind hinlänglich, um die Anordnung des Nebels zur Zeit seiner Beobachtung zu bestimmen. Nach ihrer Lage finden wir, daß der Nebel keinen südlichen Zweig hatte, und in der That eigentlich auch keinen nördlichen, wir müßten denn den Nebel in der Richtung des Parallels einen Zweig nennen; aber dann ist dieser Zweig nicht parallel mit einer Linie vom Stern a zum Stern b, überdiß ist der Stern f gegenwärtig in zarten Nebel gehüllt, der bis g reicht und h vollkommen einschließt. Der Stern b, der jezt neblig ist, wird als vollkommen außer allem Nebel dargestellt, man kann daher schwerlich annehmen, daß er zur Zeit, als Huyghens ihn beobachtet, in Nebel getaucht gewesen.

(* 8) S. 40. Eigentlich hat Herschel erwiesen, daß ein Stern, den das unbewaffnete Auge eben noch sieht oder empfindet, mit dem bewaffneten Auge betrachtet, gerade so aussieht, wie einer der uns umgebenden Sterne erster Größe in demselben Fernrohr aussieht, wenn man seine Kraft 12mal kleiner macht: das heißt also wie ein Stern erster Größe, wenn er 12mal weiter entfernt wäre. Man könnte die Bestimmung über die absolute raumdurchdringende Kraft des menschlichen Auges umgehen, wenn man jede Beobachtung eines Sternes im Sternhaufen, oder im Einzelnen, mit zwey vergleichenden Telescopen von verschiedener raumdurchdringenden Kraft anstellte. Siehe das IVte Buch.

(* 9) S. 44.

Uebersicht der verschiedenen Erscheinungen, welche die Sternhaufen des französischen Verzeichnisses in den Herschel-schen Telescopen nach ihrer mannichfachen raumdurchdringenden Kraft und Vergrößerung zeigten.

Französisches Verzeichniß.

Nro.	das Fernrohr.	die Vergrößerung.	die Beschreibung.
1	VII füßiges	287	Licht ohne Sterne
	X füßiges		nichts Nebliches. Auflöslich
	XX —	157	besteht vermuthlich aus Sternen
	gr. X —	220	Auflöslich zu nennen
2	Finder	—	wie ein Stern, mit etwas größerm Durchmesser
	VII —	287	Sternhaufen, mehrere Sterne sichtbar
	X —		Schön. Hell
	XX	157	Sehr gedrängt. Aeußerst kleiner Nebel
	gr. X	108	Durchmesser 4′ 59″
		171	„ „
		220	6 Min. Dm.
	XL	240	ein kugliger Sternhaufen.
3	Finder		Hell wie ein benachbarter Stern, duftig, und etwas größer
	VII	460	kaum zu sehen; vermuthet Sterne
		80	mehrere Sterne sichtbar
	X	120	Sterne sieht man deutlich
	XX	157	Schön; kugelig; 5 — 6 Min. Dm.
	gr. X	171	Durchmesser 4 1/2 Min.
4	X		ganz gelöst; viele Sterne gezählt; andere zu kl.
	kl. XX		ganz gelöst
	XX	157	ein Stern-Rain, von Süd-West, nach Nord-Ost
5	Finder		wie ein benachbarter Stern, nur duftig
	VII	100	eben noch Sterne; andre vermuthet. Kuglige Gestalt ist sichtbar
		460	gibt noch einige Andeutung
	X	250	ganz aufgelöst; sehr gedrängt
		600	vollkommen aufgelöst
	XX	157	sehr gedrängt. Gedrängtester Theil 2 — 2 1/2 Min. Durchm. 7 — 8
	XL	370	Sterne in Mitte äußerst gedrängt. 200 gezählt
10	VII	227	vermuthet Sterne
		460	sieht sie, zu klein zum Zählen
	XX	157	schön. Aeußerst gedrängt. 3—4 Min. gedrängter Theil.
11	Auge		sieht ihn
	kl. X	300	sieht Sterne
	gr. X		irr. Fig. 9 — 12′ Durchmesser

Nro.	das Fernrohr.	die Vergrößerung.	die Beschreibung.
12	kl. X	120	Sterne werden sichtbar
	X		die kleinste Vergrößerung zeigt Sterne
	XX	157	glänzend. 7 Min. Gedrängtester Theil 2.
13	Auge		Sieht ihn
	VII	227	vollkommen aufgelöst
	X 4″		unterscheidet die Sterne nicht
	X 9″		sehr schön
	XX		rund. 8 — 9. Der irr. gedrängte Theil 2′.
	gr. X		Glänzend. Alles aufgelöst.
14	VII	227	Starke Vermuthung, er bestehe aus Sternen
	kl. XX	200	besteht aus Sternen. 7 Min.
		300	zeigts besser
		600	zu dunkel; doch noch Stern-Ansehen.
	XX	157	Aeußerst hell, rund, in Sterne auflöslich
		300	ich sehe die Sterne
15	Auge		sieht ihn
	VII	278	man kann die Sterne sehen
	X		mit 20 raum-durchdringender Kraft, Sterne sichtbar
	XX		kugelig. 6 Min.
	gr. X	171	Dm $4^1/_2$; 6.
19	X	250	5 — 6 Sterne sichtbar; geflecktes Licht
	XX		sehr gedrängt. Mitte gehäuft
22	VII	227	Sieht ihn sehr unvollkommen.
		460	Nicht Licht genug, um ihn zu zeigen
	kl. XX	200	Gänzlich aufgelöst; sehr kleine Sterne; gedrängt; einige Hundert
		350	die Sterne sieht man noch deutlich (der Nebel steht zu nieder)
	X	600	Es ist ein Sternhaufen.
	XX	157	Ausgedehnt 8′; Mitte gedrängt 4. Sterne versch. Gr.
	gr. X		Gedrängte Mitte.
30	Finder		just eben zu sehen
	VII		scheint löslich. Verträgt nicht starke Vergrößerung
	X	71	wie z. gr. Komet, s. stufenw. h. Mitte
		250	gelöst in sehr kl. Sterne
	kl. XX	200	s. kl. Sterne. 2 Reihen. 4 — 5 in Linie
	XX	120	die Reihen gehören nicht dazu
	XX	157	glänzend.
33	Finder		wie ein dünner Nebel
	VII	75	neblig. Aeußerst kleine Sterne vermuthet
		120	scheint zu bestehen aus Sternen: mehrere sichtbar
		273	
		460	verschwindet.

Nro.	das Fernrohr.	die Vergrößerung.	die Beschreibung.
	X		Der hellste Theil auflöslich. Einige Sterne sichtbar
	Gr. X	70	s. stufenweise viel hellere Mitte
		108 171 220	Nebel bleibt; die deutlich kleinsten Sterne.
34	VII	120	Geflecktes Licht ist noch da.
	XX	151	Grb. zrstrt. Gr. Stern verschdr. Gr.
35	Auge		sieht ihn
	VII	1	Reich. Sterne verschiedener Größe
	X		keine centrale Zusammendrängung
	XX		zusammengedrängt. Große Sterne.
53	Finder		Wie ein kleiner Duft
	VII	120	einige Sterne sichtbar
		460	Aeußerst dünn
	X	250	4 — 5 Stellen scheinen aus Sternen zu bestehen
	XX	157	kugelig gedrängte Sterne.
55	kl. XX	250	schön aufgelöst in Sterne, einige gezählt, andere zu gedrängt.
	XX	157	Reich. sehr gedrängt. irr. Rund. 8′ l.
56	VII		starke Vermuthung, er bestehe aus Sternen
	X	120	löst nicht in Sterne auf
		240	sehr lichtschwach
		356	sieht Sterne; klein; äußerst gedrängt
	XX		er ist kugelig. 4 — 5 Min.
	gr. X	171	Durchmesser 3′ 36″
57	VII		Vermuthe sehr kleine Sterne. Mitte dunkel
	X	130	scheint ein Reif von Sternen
		350	zweifelhaft. Die dunkle Stelle ist oval.
	XX	157	Ein ovale dunkle Mitte. Auflöslich
		240	zeigt einige Sterne; die nicht dazu gehören
	X		Durchmesser 1′ 28″ 4‴
62	X	250	starke Vermuthung oder beynahe Gewißheit, daß es aus Sternen besteht.
	XX	157	Ae. Hell. Rund. s. stufenw. HM. 4 — 5′ Durchm.
		240	zeigt die Sterne bey großer Aufmerksamkeit. Miniatur von Nro. 3
67	VII		es ist ein Sternhaufen.
	X		sehr kleine Sterne
	XX		sehr schön. 200 Sterne kann man zählen
68	XX		sehr gedrängt. Kl. Sterne; meist mit einander gemischt.
69	XX		s. hell. z. gr. kl. Sterne.
71	VII	120	eben just werden Sterne sichtbar
	X		irr. Figur

Nro.	das Fernrohr.	die Vergrößerung.	die Beschreibung.
	XX		beträchtlich; gedrängt
	X		irregulär; sehr klein
72	VII	75	eben kann man Sterne gewahr werden
	X	150	schön in Sterne aufgelöst
	XX	157	sehr kleine Sterne
	gr. X		kugelig 2′ 40″ Dm.
	XL		schön
74	VII	120	Scheint eine Stern-Ansammlung zu seyn. Einige sieht man. Aeußerst dünn.
	X		Einige Sterne sind sichtbar, sehr dünn.
	XX	157	Einige Sterne sichtbar; Ränder nicht auflöslich.
	gr. X		besteht aus äußerst kleinen Sternen, sehr dünn.
	XL		s. helle Mitte, auf einen kleinen Theil beschränkt.
75	Finder		eben noch sichtbar
	VII	70	nicht den geringsten Anschein von Sternen, doch merkt man, daß er andern ähnlich
	X	71	klein. Kometisch.
	XX		leicht löslich; einige Spuren sind sichtbar
	XX		Kugelig
	gr. X	191	1′ 48″ Dm.
		220	2′ Dm.
77	VII		Wie ein schlechtbegränzter Stern, mit Nebel umgeben
	X		sieht ganz aus wie ein sterniger Nebel
	XX		s. hell. Kern irr. gedehnt. Milchige Arme, 3—4′ lang
	gr. X		Es ist eine Art stark vergrößerten sternigen Nebels; einige helle Sterne in SN.
79	VII	75	Nebelig
		86	starke Vermuthung von Sternen
	X	300	zeigt die Sterne mit Schwierigkeit
	XX	157	Schön. 5′ Dm.
	gr. X	171	Kugelig
		220	2′ 30″ Dm. (steht zu tief)
80	XX	157	Kugelig. s. stufenw. h. M. die denkbar kleinsten Sterne an der Periferie
92	Finder		Gerade sichtbar, sehr wenig größer als ein Stern
	VII	227	in s. kl. Sterne aufgelöst
		460	Man kann einige Sterne zählen
	X	240	Sehr gedrängte Mitte.
	XX		Glänzend. 6′ — 7′ Durchmesser.
	gr. X		der gedrängte Theil 3′ 16″
97	XX		b. hell. Kugelig, gleichförmiges Licht, ausgenommen am Rande, aber nicht ausgedehnt, ungefähr 3′ Dm.
	gr. X		Steht zu tief; sieht aus wie ein dünner Nebel.

(* 10) S. 46. Der Herausgeber ist im Besitz eines $3\frac{1}{2}$ füßigen Fernrohrs von Fraunhofer, dessen raum-durchdringende Kraft, nach Herschels Gesetzen, ungefähr 13 ist. Er hat angefangen die französischen Sternhaufen und die uns nächsten zu betrachten. In den Sternhaufen im Fuße des Castors, und zwischen Andromeda und Perseus sind Sterne die — für sein Auge — eben noch hervortreten, andere sind darin von sehr deutlichem Glanz; er möchte dem Glanz nach den Sternhaufen in der Andromeda näher rücken; der im Castor hat eine sternleere Mitte. Dieß Fernrohr trägt nach Herschel auf 156 Siriusweiten. In den Plejaden sind allerdings — die größeren ohnehin ausgenommen — einige Sterne sehr hell, andere aber auch über die Maaßen klein; schwer wird es aber seyn, eine planmäßige Anordnung derselben zu bestimmen.

Zweytes Buch.

Von der Natur der Sterne.

Den Kern dieses Buchs, welches der Betrachtung der Sterne im Einzelnen gewidmet ist, machen die Doppel-Sterne aus, als die merkwürdigste Erscheinung. Denn obgleich die Entdeckung des Nebelsterns uns eine neue Stufe von Sternschöpfung gelehrt, die dem Ursprung der Bildung näher ist, und eine mögliche Verbindung zwischen freyem Nebel und Stern andeutet; Fixstern- oder Trabanten-Systeme, getaucht in eine leuchtende Atmosphäre, uns aufführt; und obgleich die Betrachtung des Veränderlichen Sterns — wiewohl durch das Räthselhafte anregend — uns in diesem Felde Aufschlüsse besonderer Art verspricht — so ist doch der durch die Bande der Attraction verbundene Doppelstern der Mittelpunkt oder eigentlich Wendepunkt der Astronomie durch Herschel geworden. Die Kunst der Beobachtung und deren Neuheit, der Zusammenhang dieser Erscheinung mit den wichtigsten Fragen der Sternkunde, das Eigenthümliche eines solchen Systems, das vom Sonnensystem und dem Sternhaufen gleich weit entfernt scheint, geben ihr die Ansprüche der fortdauernden Beobachtung. Die Untersuchung über die eigene Bewegung der Sterne, oder über die Bahnen, welche sie als isolirte oder in ihren Systemen beschreiben, von Herschel angestellt, ist als der erste große Versuch zu betrachten, nach mathematischen Principien ein Ganzes zu erzielen, und Eine gemeinschaftliche Ursache aufzufinden.

---

§. 1. Das Wesen der Sterne.

1) Die Sonne war ehmals das Ideal aller Sternkenntniß (*1); Sonnen waren das höchste und einzige Gebilde des

Himmels; Sterne waren Sonnen; diese Ansicht zu erhalten, trug selbst die neuere Astronomie bey. Ehmals gründete sie sich auf das — in allen Naturwissenschaften weitere Einsicht verbergende und öfters hemmende — Princip der Analogie; auf den Glauben von dem unendlichen Umfang des Himmels, von der Bevölkerung der Welt durch bewohnte Planeten, die nur von Sonnen aufgeregt und als Schauplatz edlerer Geschöpfe hergestellt werden können; später gab die Uebermacht der Lehre, von der allgemeinen Gravitation, höchstens einen dunklen Klumpen in der Mitte zu als Regent der Sonnen. Damit vereinigte sich die Unentschiedenheit der Physiker, und die Unmöglichkeit, in der sie sich befanden, das Licht als frei, als nicht in den Banden des Leiblichen gefangen, zu denken; und die wirklich durch Beobachtung erwiesene ungeheure Entfernung der Sterne lies sogar einen höhern Sonnenglanz in andern Regionen vermuthen. Die großen Entdeckungen Herschels selbst waren verführerisch, und schienen der alten Meinung günstig. Der Begriff von nebligen Sternen — welcher in der Naturgeschichte der Sterne aufgenommen war — schien zu zerfallen, da diese Wesen blos ihm als zusammengedrängte Sternhäufchen sich zeigten. Die Auflösung des Nebligen in der Milchstraße, der Reichthum von entdeckten Sternhaufen; die optischen Uebergänge vom gediegenen Sternschwarm bis zum Orions-Nebel (die wir im 1sten Buch entwickelt haben), welche keine reellen Uebergänge zuließen, sprachen immer noch für das Alte. Auch hatte es etwas Anziehendes, sich verschieden geordnete und gestaltete Milchstraßen voll Sterne zu denken, die von undenkbarer Ferne uns nur noch wie ein mattes, lichtschwaches Wölkchen erschienen, obgleich das Gesetz, welches Herschel von den Sternhaufen ausgesprochen hatte, daß sie nicht Träger von Planeten-Systemen seyen, die gemeine Teleologie — von der Zweckmäßigkeit der Sonnen — gänzlich erschüttert zu haben schien. Es ist auffallend, daß in der Wissenschaft, die durch Gewißheit, Strenge und fortschreitende Ausbildung sich hervorthut, um eine festgewurzelte Ansicht zu erschüttern, eben solcher Kraft-Aufwand und Zeit erfordert wird, als in andern Wissenschaften, deren Wesen es mit sich bringt, einem freieren Spiel von Behauptungen sich zu überlassen. Doch fand dieß statt bey der Gründung der wahren Ansicht vom Sonnensystem; so auch bey der Erweiterung unserer Ansicht vom Wesen der Sterne, die wir Herschel verdanken.

2) Die neuen Erscheinungen, welche Herschel zu der Umkehrung seiner eigenen Ansichten hinführten, mit seinen eigenen Worten mitzutheilen, wird am angemessensten seyn.

„In einer meiner letzten Musterungen *) an Himmelsgegenden, die ich noch nicht durchgesehen hatte, entdeckte ich einen Stern

*) S. die Abhandlung v. J. 1791.

von ungefähr 8ter Größe, mit einer zarten Licht-Atmosphäre, von beträchtlicher Ausdehnung, umgeben. Das Phänomen war so schlagend, daß ich nicht umhin konnte, über die Umstände dabey nachzudenken; sie schienen mir unterrichtend und auf Schlüsse zu führen, die über einige Punkte, den Bau des Himmels betreffend, beträchtliches Licht werfen könnten." Nachdem er angeführt, wie die, bis jezt bekannten, nebligen Erscheinungen am Himmel, meist als durch vereinten Sternglanz gebildet, angesehen werden können; und der Gedanke: es gibt nur Sternenglanz dadurch leicht allgemein sich aussprechen lasse, fährt er fort: „Als ich diese Untersuchungen verfolgte, befand ich mich in der Lage eines Naturforschers, welcher die verschiedenen Species von Thieren und Insecten von der Höhe ihrer Vollkommenheit herab bis zur tiefsten Ebbe des Lebens verfolgt, wie er, angekommen an dem Pflanzenreich, kaum die bestimmte Gränze, wo das Thier aufhört und die Pflanze beginnt, angeben kann; er geht vielleicht so weit, daß er sie nicht für wesentlich verschieden hält, bis er z. B. eine Vergleichung anstellt zwischen der Species Mensch und Species Baum, worauf sodann aller Zweifel verschwindet. In gleicher Lage befindet sich der Astronom, der die große Leiter *) von Wesen hinauf steigt, vom zerstreuten Sternhaufen an, durch immer gedrängtere, bis er allmälig zum bloßen Nebel kommt, mit mehr oder weniger verdichtetem Licht in der Mitte, und endlich an der Spitze der Leiter den Orions-Nebel erblikt. Er ist immer noch geneigt, bey der einmal angenommenen Idee zu verharren, von Sternen in ungemessener Entfernung und undenkbarer Zusammendrängung, welche diese merkwürdige Erscheinung hervorbringen. Demnach scheint es, daß ein noch auffallenderer Gegenstand erfordert werde, um unsere Ansicht zu berichtigen. Ein Blick, wie der des Naturforschers vom vollkommnen Thier auf die vollkommne Pflanze geworfen, fehlt noch, um den Schleyer von dem Auge des Astronomen wegzunehmen. Der Gegenstand, den ich oben anführte, ist eben die Erscheinung, welche noch fehlte. Man betrachte einen Sternhaufen z. B. Kl. VI,19, welcher bey einem Durchmesser von 6—7 Min. und unregelmäßiger Gestalt, aus sehr kleinen und sehr gedrängten Sternen verschiedener Größe besteht und werfe dann seinen Blick auf diesen nebligen Stern, das Resultat wird eben so entscheidend seyn, als beym Naturforscher. Das Urtheil, ich wage es zu behaupten, wird seyn, das Neblige, welches den Stern umgibt, ist nicht sterniger Natur."

Herschel untersucht dann, wie wir auf den Gedanken gekommen, nur Sterne am Himmel anzunehmen; da es sich auch findet, daß wirkliche Sterne mit solchen Nebeln in Verbindung erscheinen, so führt dieß auf die Untersuchung von Gegenständen, die wirklich

*) Die Reihe dieser Gegenstände ist im I. Buch §. 2. aufgeführt worden.

in Verbindung oder nicht in Verbindung sind. Die Beyspiele, die er zur Erläuterung anführt, sind zum Theil schon im ersten Buch betrachtet, und ihre Verständlichkeit ist für uns entschieden, theils kommen sie im Nachfolgenden zur Sprache. Es ist der Sternhaufen Kl. VI, 23; der Doppelstern bey (ε) Bootes; der berühmte planetarische Nebel bey Wassermann, Kl. IV, 1. Die Erscheinung eines Nebels ist innerhalb des andern Kl. IV, 39; und dem Nebel mit hellen Punkten in der Mitte Kl. IV, 37; Kl. I, 101; bey letztern bemerkt er, daß es zwar schwer sey, die Erscheinung einer so überwiegenden Lichtverdichtung im Centrum zu erklären, aber eine wirkliche Verbindung doch anzunehmen sey zwischen dem Nebel und dem hellen Mittelpunkt. Dagegen sind die Sterne, welche über den Orions-Nebel, und die ungeheuren in seiner Gegend befindlichen Nebel-Massen (telescopische Milchstrassen nach der alten Ansicht) ausgestreut sind, außer Verbindung.

Nach diesen Rücksichten behandelt und erläutert Herschel die von ihm entdeckten Gegenstände, die dem obenangeführten entscheidenden ähnlich sind. Die Anmerkung (* 2) enthält vollständig ihre Beschreibung, aus der Abhandlung v. J. 1791.

Folgende Momente heben sich heraus. Die Wahrheit dieser Erscheinungen, nicht blos ihr optischer Schein, oder zufällige Verbindung: denn selbst bey elliptischen Gestalten ist das helle Kernige in der Mitte.

Die große Ausdehnung von 3 bis 6 Minuten, welche dieser milchige Nebel annimmt. Man denke an die Sternhaufen von nur 4—5 Minuten Durchmesser, deren Sterne man noch erkennt; an die Nebel, welche kaum einige Sekunden im Durchmesser haben, und doch eine Art von Gliederung in Verdichtung und Anschwellung des Lichts zeigen, und vergleiche die beschriebenen Gegenstände. — Die Gleichförmigkeit des Lichts ist so entschieden, daß die äußersten Gränzen der Licht-Mähne, die den Stern umgibt, fast so hell sind, als die Stellen am Mittelpunkt: dieses Licht läßt sich daher nicht wohl vom Reflex einer Atmosphäre herleiten. — Eben so entscheidend ist die überwiegende Lichtstärke des Sterns in dieser Licht-Mähne, in Vergleichung mit dieser selbst. Daraus schließt sich, daß die Atmosphäre nicht von einem Stern-Gewimmel verursacht sey. Welche unermeßliche Größe müßte dieser Central-Körper haben, daß er in unbekannter Entfernung noch als Stern 8ter Größe erscheint, während die ihn umgebenden wie nebliges Licht leuchten! Oder wie unendlich feine und lichtschwache Sternchen müßten wir um ihn her vereint und unendlich zusammengedrängt annehmen, damit sie schon in der Distanz eines Sterns 8ter Größe, wie Schimmer blos sich zeigen. Der erste Fall übersteigt weit das Maaß, das wir für Sterne angenommen haben; im andern sinken die Sternchen zu matten Lichtpünktchen herab. — Eine leuchtende Atmosphäre, die einen gediegenen Stern umgibt, stimmt mit diesen Umständen

am

am besten: außerdem müssen wir überhaupt unsere Ansicht von Stern-Natur aufgeben: ein Uebergang ist gefunden.

Noch ein Moment füge ich hinzu, welches sich aus der Lage dieser Sterne ergibt; über die Hälfte derselben befindet sich in der so berühmten Orions-Gegend, wo im großen Nebel selbst wieder ein kleinerer liegt; andere in der Milchstraße. Uebrigens bleibt das entscheidende, daß andere Sterne in der Nähe dieser Nebel-Sterne frey von allem Duft oder Atmosphäre sich zeigen.

Wenn wir nun wirklich gezwungen sind — unsere Begriffe erweiternd — Uebergänge anzunehmen oder gemischte Formen von Himmels-Wesen, so ließen sich wohl manche aufstellen, von denen auch schon im ersten Buch die Rede war. Die Klarheit der Sterne, wodurch sich der Sternhaufen auszeichnet, kann durch irgend eine Ursache — die vielleicht selbst durch die überwiegende Ausbildung eines Central-Körpers mit begründet ist — getrübt werden, und so den Schein eines Nebel-Sterns annehmen. Es ist vielleicht im Gegentheil ein Uebergang vom Stern zum Kometen höherer Art: vielleicht nur Wirkung des Sterns auf den ihn umgebenden Aether, oder geringere oder größere Durchsichtigkeit oder Sättigung des Welt-Raums mit Ur-Licht. Unsere Gegend, warum sollen wir sie zum Maasstab des Ganzen machen, wenn wir nicht wirklich der Mittelpunkt der Welt sind? Zum Maasstab des Lichts, seiner Wirkung, seiner Kraft?

Welch eine Voraussetzung, äußert sich aber Herschel, haben wir angenommen, die wohl noch ungeheurer ist, als das Sonderbare der Erscheinung, dem wir dadurch entgehen wollten! Die Voraussetzung einer selbst leuchtenden Atmosphäre, von so übermäßiger Ausdehnung, von so verdichtetem Licht, daß es unser Auge noch von so weiter Entfernung rührt. Die erste Annahme, daß es Sternhaufen seyen, ist allen unsern Begriffen von Gattung der Sterne entgegen. Aber auch für die andere haben wir keine Spur von Analogie in unserer Nähe; unsere Beyspiele von Zodiacal-Licht, Nordlicht, verschwinden in ein Nichts, wenn man die Größe und die Kraft der Erscheinung der Nebelsterne in ihrer Atmosphäre betrachtet; und wir sind wirklich auf einen höhern Standpunkt hingerissen.

---

3) Herschel schreitet nach der analytischen Weise der Mathematiker weiter, vollendet die Naturgeschichte dieser Erscheinungen, und bildet eine vollendete Astrogonie, wobey wir ihm folgen.

Er führt uns zuerst *) eine umfassendere Sammlung von Erscheinungen auf, welche die Verbindung von Stern mit leuchtendem Nebel in mannichfacher Art zeigen; nicht in der so regelmäßigen Gestalt blos, wie wir sie an den obigen Beyspielen

*) S. die Abhandlung v. J. 1814.

gesehen, nämlich eines Sterns in der Mitte einer runden oder etwas elliptischen Atmosphäre. *) Es finden sich am Himmel Sterne mit weit ausgedehnten nebligen ringförmigen Armen umgeben, ganz ähnlich den Gebilden, welche sich unter den reinen Nebelgestalten fanden. (§. 4.) (Ein merkwürdiges Zusammentreffen.) Man gewahrt gar sonderbare Figuren, welche von einer sphärisch elastischen Materie keine Andeutung mehr geben (§. 3.); in Fächer-Gestalt, wie electrische Büschel. Gar auffallende Lagen haben einige Sterne gegen die Nebel, sie liegen zum Theil auf einem noch unausgebildeten formlosen Nebel-Grund (§. 6.), oder in merkwürdiger Nähe oder Stellung (§. 1.), oder es erscheinen Doppel-Sterne, zwischen welchen, oder um welche herum, sich leuchtende Nebel gesammelt haben. (§. 2.) Es mögen Uebergänge von Doppel-Nebeln zu Doppel-Sternen seyn; manches mag zufälliges Zusammentreffen seyn; die Kleinheit der Sternchen ist zu merken. Die Sternhäufchen auf nebligen Flecken schließen sich an diese Reihe von Erscheinungen an (§. 7.), in welche Klasse auch noch mehrere zweifelhafte gehören (§. 8.) Die zweyte Bemerkung Herschels betrifft die Aehnlichkeit zwischen den freyen — im vorhergehenden Buch beschriebenen — Nebeln, und den Atmosphären oder nebligen Umgebungen der eben beschriebenen Gegenstände. Herschels Auge muß hier als Führer gelten. Er glaubt Erscheinungen zu gewahren, wo offenbar Sterne hinter Nebel sich befinden, und durch den Nebel hindurch scheinen, welches offenbar unmöglich wäre, wenn der Nebel blos Schein und aus Zusammendrängung von Sternen entstanden wäre. Er gibt uns aus optischen Gründen das Kriterion eines ächten Nebels: „Ein Sternhaufen erscheint in lichtschwachen und unkräftigen Instrumenten, wie ein Nebel; in stärkern wie eine Mischung von Stern und Nebel; in höhern ist er in Sterne aufgelöst. Wenn aber die mächtigere, raumdurchdringende Kraft nur die Helligkeit des Nebels erhöhet, das Licht desselben mehr gleichförmig vertheilt und vereint zeigt, wie von milchigem Wesen, so ist der Gegenstand gewiß bloßer Nebel."

Sodann spricht er die Unabhängigkeit, oder freyes Daseyn dieser Nebel, unvereint mit Sternen, aus. Er stüzt sich eben auf jene Aehnlichkeit, auf das Auffinden von einer Menge solcher Nebelmassen ohne Gestalt, sehr groß an Ausdehnung, von gleichförmigem Licht, so dünn, daß keine bestimmte Gestalt angegeben werden kann. **)

Endlich ruft er die Veränderlichkeit solcher Nebel herbey. Am Orions-Nebel war dieß an Lage und Glanz schon bemerkt (Siehe Erstes Buch §. II); hier scheint es, daß auch Veränderung durch Bewegung oder Ausdehnung des Nebels statt finde. Ein Nebel

---

*) S. Beylage I.
**) S. Beylage I.

schien sich einem Stern genähert zu haben, wie von ihm angezogen. Solche feine Erscheinungen sind aber, wie Herschel bemerkt, immer einiger Unentschiedenheit unterworfen.

Nach diesen Voraussetzungen, gegründet auf die angeführten Beobachtungen — nachdem Herschel schon in der Abhandlung vom Jahr 1791 die Ansicht gestellt hatte: „Da diese Licht-Nebel unabhängiges Licht haben, so scheint es passender zu seyn, einen Stern durch ihre Verdichtung entstehen zu lassen, als ihr Daseyn vom Stern abhängig zu machen, — schreitet er in der Abhandlung v. J. **1811** zur systematischen Astrogonie, zur Naturgeschichte des Ur-Lichts, der Lichtwolken, die noch jetzt im unermeßlichen Welt-Raum da sind, aus denen ehemals Sterne und Sternhaufen sich bildeten; die sich im Raum bewegt, Stern-Keime in sich tragen, und Sternhaufen und Sterne mit Urstoff sättigen.

Die Stufen der Entwicklungen, welche der Licht-Nebel bis zu seiner Verwandlung in die reine Stern-Natur durchgeht, sind es, nach welchen Herschel die von ihm entdeckten Nebel geordnet hat, *) sie lassen sich auch daraus, so wie aus den ihnen entsprechenden Zeichnungen, übersehen; so wie auch aus dem Inhalt und Gang, den Herschel seiner Abhandlung von **1811** beygefügt hat. Es sind nämlich mehrere Kräfte hier wirksam. Die verdichtende Kraft der Attraction, die Ausscheidung dunkler Massen nach der Verdichtung, Reflex des Lichts von diesem Dunklen. Die Kräfte wirken mehr oder weniger dauernd fort zur Hervorbringung verschiedener Bildungen. Die Gestalten bestimmen sich auch durch den ursprünglichen Zustand von Verdünnung und Verbreitung dieser Licht-Nebel-Materie, durch die Masse des sich zur Bildung regenden Stoffs. Die umdrehende Bewegung erzeugt sich aus der ursprünglich nicht sphärisch gestalteten Licht-Wolke, deren Elemente eccentrisch herabstürzen gegen den Mittelpunkt der Attraction. Die Zeit verwandelt Bildungen von verschiedener Art in einander; so wird vielleicht durch fortgesetzte Wirkung der planetarische Nebel zum sternigen Nebel, oder zum Stern mit Licht-Mähne umgeben. Aus einer ungeheuren Nebel-Schichte, oder Anlagerung, bilden sich einzelne Sonnen, oder eine zerstreute Sammlung unzähliger Nebel, je nach der Vertheilung der ursprünglichen Keime.

Herschel führt einiges Besondere auf zur Unterstützung dieser Ansichten. Die unglaubliche Masse dieser Lichtwolken nebst ihrer Ausbreitung und Ausdehnung wird so äußerst auffallend, wenn wir bedenken, daß wir die dritte Dimension derselben nicht gewahr werden; daß noch unzählige, viel zärtere in der Tiefe des Raumes vorhanden seyn mögen, die unsere Fern-Röhren noch nicht erreicht haben. Ihre Bestimmung verdient also eine besondere Aufmerksamkeit. Ueber den Ursprung derselben ist vergeblich

*) S. die 4te Beylage des I. Buchs.

zu urtheilen, und hat wohl für die Frage über die Rolle, die sie nun spielen, wenig Einfluß; doch stellt er den Gedanken hin*), ob der unerschöpfliche Ausguß von Licht durch die unendlichen Räume hin von zahllosen Sternen — das durch so verschiedene Systeme dringen und leere Räume ausfüllen muß — nicht zerstreut, abgelenkt, angezogen, gehalten, ja eingesogen werde, und so anstatt in die Unendlichkeit sich zu verlieren, vielmehr die Keime neuer Bildungen in sich aufbewahre. — Die mannichfachen Stufen von Helligkeit, welche unter den Nebeln sich finden, sieht er jezt als eben so viele Beweise an, daß eine wirkliche Verdichtung der Lichtmaterie sich eingefunden habe — die überwiegende Gestalt ist die sphärisch-elliptische, offenbar nur Folge centraler Kräfte, oder eines bestimmten Strebens. — Den Einfluß der Zeit — ob man gleich eine lezte Gränze der Bildsamkeit annehmen muß — beurkunden die mannichfachen Gestalten sowohl, als auch die verschiedenen Bildungen in der Lichtanhäufung. — Den ursprünglichen Zustand der ungeheuren Schichten zeigen die noch vorhandenen großen Nebel-Lager; die vielfachen Nebel; die Nebelmassen mit ungleicher Helligkeit, ja unsere Milchstraße selbst. — Man denke sich — gleichsam einen Sturm oder ein Wehen in den Himmelsräumen — oder ein Wallen des Aethers, welcher diese lichten Nebel zwischen oder zu den Sternen hintreibt. — Nach der Scheidung des Leiblichen und einer schon höheren Stufe der Bildung lassen sich auch elastische Kräfte annehmen, woraus sich der Bestand einer leuchtenden Atmosphäre, wie in den Sternen mit Nebelarmen umgeben, deuten läßt.

Daß wirklich, nach blos mathematischen Gründen, die Verdichtung einer Nebelwolke einen ungeheuren Körper, der unsere Sonne an Leiblichkeit weit übertrifft, hervorbringen könne, zeigt Herschel durch eine Berechnung, welche ergibt, daß eine Nebelwolke in der Entfernung eines Sterns der 8ten oder 9ten Größe, die einen scheinbaren Cubikraum von 10 Min. Basis nimmt (wir finden aber Nebel am Himmel von mehreren Graden), 2 Trillionen 208 Billionen mal verdichtet werden müsse, bis sie den Raum, den die Sonne einnimmt, ausfüllte. Auch müßte ein Nebel, der von dem Cubikraum von 10 Min. sich auf einen von 15 Sek. zurückziehen und contrahiren sollte, nicht weniger als 122,000 mal sich verdichten. Wir finden aber wirklich planetarische Nebel, die jene Durchmesser haben. Eine 1900fache Verdichtung (das ist ungefähr die doppelte von Luft zu Wasser) müßte eintreten, wenn ein Nebel von 10 Minuten Cubus sich in eine Kugel von 1 Minute contrahiren sollte. Man muß auch hier die ungeheuren Maasstäbe, nach denen in unserer jetzigen Betrachtung gemessen wird, nicht aus den Augen lassen. Wenn sich die Sonne in eine Dunstkugel, die 10

*) Abhandlung v. J. 1791. S. 88.

Millionen mal dünner wäre, ausdehnt, so erscheint sie von einer Sirius=Weite betrachtet uns als ein Wölkchen von 1 Sekunde, das heißt: verschwindend.

Es ist nicht zu läugnen, daß die Aufgabe, das Stern=Licht, die Nebel=Erscheinungen und die überwiegende Materialität der Sonnen=Natur unter höhern Gesichtspunkt zu vereinigen, auf diese Weise gelöset ist; auch ist gewiß, daß die Ansicht von einer ursprünglichen Licht=Verbreitung durch das All, in welchem die Keime der Weltbildungen liegen, ein unabweisbarer Gedanke ist; daß das Einzelne gedeutet ist, und die Uebergänge der Glieder in einander. Aber die Anordnung und die Gliederung, und ihre Vereinigung zum Ganzen, ist nicht vollständig gedeutet. War die ursprüngliche Licht=Masse gleichförmig vertheilt? Ist das ganze Weltall nur ein einziger großer Nebelstern, mit überwiegendem Mittelpunkt, noch von einer Nebel=Atmosphäre umgeben, in welcher sich wieder durch die verdichtenden Kräfte allmählig neue Bildungen entwickeln? Oder ist es ein Sternhaufen, mit einer noch unvollendeten Atmosphäre umgeben, an einzelnen Stellen mehr oder weniger verdichtet. Da Herschel den Unterschied zwischen dem Stern in den Sternhaufen und den Sonnen, welche Träger von Planetensystemen sind, aufgestellt, so scheint, daß die Astrogonie diesen Gegensatz mit enthalten müßte. Man sieht nirgends im All einen Anfang von bildender Kraft, oder den Punkt, von dem sie ausgeht, angedeutet; während das Schlummern aller schöpferischen Bewegung in der großen Orions=Wolke, welche doch eine bestimmte Gestalt angenommen hat, auffallend wird. Die ungeheure Gedrängtheit der Lichtpunkte in den Sternhaufen wird einer längern Wirkung der bildenden Kräfte zugeschrieben, Herschel hält sie also für die ältesten Bildungen; Aehnliches müßte wohl von manchen Stellen der Milchstraße — deren Gedrängtheit die eines Sternhaufens weit zu übertreffen scheint, behauptet werden; oder die verschiedene Ausscheidung des Lichts auf verschiedne Stufen von Materialität oder blos physischen Verdichtung statt finden. Der leere Raum, der zwischen uns und einem Stern in Sirius=Weite sich findet, ist so unendlich, daß eine Ausfüllung desselben durch die Materialität der Sonne und jener Sterne eine gewiß wegen undenkbarer Verdünnung unsichtbare Orions=Wolke hervorgebracht hätte. Haben etwa die wandernden Kometen den übrigen Licht=Wolken Stoff zu andern Systemen getragen?

---

§. 2. Die Doppel=Sterne.

1) Der alte Ausspruch von dem Zusammenhange der menschlichen Wahrheiten hat sich in keinem wissenschaftlichen Kreise so entscheidend bewährt, als in der Astronomie, welche die vereinte Kraft forschender Mathematik und der Beobachtungs=Kunst durch vollendete Werkzeuge unterstüzt. Sie hat sich in den Untersuchungen

Herschels — die wir jezt betrachten — auffallend bestätigt. Er fing die Beobachtung der Doppel-Sterne — so nennt der Astronom Sterne, welche dem bloßen Auge wie ein gewöhnlicher einfacher Stern sich zeigen, durch starke Vergrößerungen aber der Fernröhren, als aus zweyen oder mehrern, höchst nahen Sternen vereint — mit eben solchem umfassenden Plan an, und mit Benutzung von Werkzeugen, welche alles bisherige, das sich in den Händen der Astronomen befand, übertrafen, nicht blos zum Behuf der Beobachtung, sondern auch zur Messung (— ein noch nie versuchtes Unternehmen —!) fast unmerklicher Distanzen am Himmel. Er fand nicht, was er suchte; sein Ziel oder Absicht war gewesen, die Entfernung der Fixsterne — absolute von uns, oder relative von einander — zu bestimmen; die seit der Erneuerung der Sternkunde so unablässig immer erneuerte und nie beantwortete Frage suchte er zu lösen, ob der Durchmesser der Erdbahn ein Maasstab oder Basis sey, um die Entfernung eines Fixsterns zu messen: er suchte die Veränderungen, welche sich wegen der jährlichen Bewegung der Erde in den Triangeln ergeben, deren Basis eben der Durchmesser der Erdbahn ist, und an deren Spitze die Sterne sich befinden*). Er fand nur negative Wahrheiten; aber nach anderen Seiten eröffneten sich herrliche Aussichten in den Bau der Systeme, das Wesen der Sterne, die Macht der Attraction, die Kräfte des Sternlichts. Es verdient bemerkt zu werden, daß der große Astronom Bradley auf gleiche Weise, indem er die jährliche Parallaxe suchte, die merkwürdige Entdeckung von der mit der allmähligen Fortleitung des Lichts zusammenhängenden Abirrung machte.

Herschels Gedanke aber, aus Doppel-Sternen diese Bestimmung der Fixstern-Distanzen oder Parallaxe herzuleiten, ist unzweifelbar sein Eigenthum. In der Abhandlung v. J. 1782 erklärt er sich freymüthig. „Da es nicht in unserer Macht steht, „die Basis der Messung — den Durchmesser der Erdbahn zu erweitern, so müssen wir die Werkzeuge, womit wir messen, vervollkommnen. Zur Messung äußerst kleiner Winkel — welche eben bey den Doppel-Sternen vorkommen — gehören zwey „Dinge: das erste ist genaue Theilung und Ausführung des „Meß-Instruments, sey es Quadrant, Sector oder Micrometer; „und zweytens eine hinlängliche Stärke des Fernrohrs, durch „welches wir den zu messenden Gegenstand betrachten." Herschel sagt: „in dem lezten, dem optischen Theil, finden wir „die meisten Schwierigkeiten. Um eine einzelne Se-

*) Eben wegen dieser Veränderungen, Parallaxen, die von der Entfernung der Sterne mit abhängen, heißen die Astronomen diese Untersuchung, die über die Parallaxe (jährliche, hundertjährige).

„kunde mit Schärfe zu sehen, wird ein Fernrohr von „sehr großer Vollkommenheit erfordert."*) Er kommt auf die Geschichte dieser Untersuchungen, und der Methoden, welche angewandt worden sind, mit Berücksichtigung ihres Werths. Ueberall spricht sich ein gewisser Enthusiasmus, im Gefühl großer Hoffnungen aus, das nicht getäuscht worden —; er ladet Freunde und Bearbeiter der Astronomie ein, diese so reiche und zwar zarte, aber angenehme Beschäftigung lieb zu gewinnen — welche Einladung nicht angenommen worden.

---

2) Mit der Geschichte dieses Zweigs der Astronomie — der Doppel-Sterne nämlich — der durch Herschels Bemühungen, durch 40 Jahre allein, so herrlich aufblühte, verhält es sich also.

Als die Erfindung der Fern-Röhren mehr die Tiefe des Himmels uns aufschloß, die Verstärkung der Kraft des Auges gleichsam eine neue Jugend herbeyführte, und neue Gebilde neuer Erscheinungen dem Himmel — wie dem dunklen Gestein der Funke — entlockt worden, als da: die Venus mit der Sichel-Gestalt, Jupiter mit seinen Trabanten; welche Lust, welches Streben muß damals rege geworden seyn: die Bemühungen sich gleichsam vereinigen, um sich aller Haupt-Erscheinungen zu bemächtigen, den kommenden Geschlechtern den Umriß des Himmels zu übergeben, sich in vollständigerer Ausarbeitung zu üben. Aber so groß und stetig ist nicht der Fortschritt des Menschengeschlechts, daß dieß als Eine Person betrachtet werden könnte. Ideen gehen verloren wie beym Einzelnen, so der Gesammtheit; und es ist ein allgemeines Gesetz, daß viel Samen fruchtlos ausgestreut wird. Es ist schwer, den Standpunkt der Wissenschaft in einer gewissen Zeit fest zu bestimmen, noch schwieriger, den Erwerb, der gemacht worden, zu überschauen, und einzelne Gedanken, die ausgesprochen worden, und unbeachtet, wiewohl reich an Keimen sind, der Nachwelt zu empfehlen. Auch gibt es nicht blos Vorurtheile, sondern auch Wahrheiten, die neu aufstrebende, wie sonderbar es auch scheinen mag, in ekliptischem Zustand halten. Derselbe Gedanke tritt in einer andern Zeit gewaltiger auf als vorher. Männer ergreifen die Wissenschaft, die nur auf sich selber stehen; der Geschichte und Tradition fremder als gewöhnlich; nicht durch große Beyspiele — deren die Astronomie auch aufzuweisen hat — bewegt, sondern von innern Idealen; sie retten die Wissenschaft und die Freyheit.

Es ist erlaubt, solchen Betrachtungen nachzugehen, da von einer Unternehmung die Rede ist, die uns wahrhaft eigentlich zuerst über die Planeten-Welt hinausführten, und über die Firstern-Welt — deren Verzeichnisse zu entwerfen bisher die Haupt-Be-

---

*) Die Sonne erscheint unter einem Winkel von einer Sekunde, wenn wir uns 60 mal weiter von ihr entfernen, als Uranus.

schäftigung und Hauptquelle von Untersuchungen und Entdeckungen war — zu neuen Eroberungen leitete.

Der Gedanke, aus Doppel-Sternen, die Distanzen, die Dimensionen am Himmel herzuleiten, ist bey dem neuen Aufblühen der Astronomie von Galilei ausgesprochen, dem Entdecker der Jupiters-Trabanten. „Er sey nicht der Meynung *), daß die Sterne an einer sphärischen Fläche zerstreut seyen, gleichweit von uns entfernt; vielmehr seyen ihre Distanzen so verschieden und mancherley, daß einer wohl drey bis viermal entfernter sey als der andere. Würde man demnach mit dem Telescop einen sehr kleinen Stern entdecken, der einem größern höchst nahe stünde (aliqua minima stella majori alicui vicinissima, ist die ächte Beschreibung eines scheinbaren Doppel-Sterns), so daß der kleinere in einer größern Tiefe des Himmels stünde, so wäre es möglich, daß eine merkliche Aenderung (in Stellung, relativ, eine Parallaxe) an ihnen sich gewahren ließe." Dieß Wort verhallte aber, und Niemand suchte Doppel-Sterne! Es fanden sich zufällig wohl Doppel-Sterne auf, bey gelegenheitlichen Beobachtungen. Eben so entschieden ist auch, daß der größte praktische Astronom vormaliger Zeit in England, James Bradley einen dieser Doppel-Sterne — so viel bekannt nur einen einzigen — den Doppel-Stern Castor **) in der Absicht beobachtet hat, um etwa eine Veränderung an demselben während des Laufs eines Jahrs gewahr zu werden. Sein Nachfolger auf der Stern-Warte zu Greenwich, Nevil Maskelyne, beobachtete später noch diesen Doppel-Stern. Die Ursache, daß keine zusammenhängende fortgehende Beobachtung über Doppel-Sterne stattfand, scheint der Mangel an Instrumenten, die dazu tauglich waren, gewesen zu seyn.

Wenige Jahre, ehe Herschel sein umfassendes Unternehmen begann, traf die Idee von den Doppel-Sternen auf einen Astronomen, der im Besitz herrlicher Instrumente war; Christian Mayer zu Mannheim. Sie traf ihn, kann man eigentlich sagen, denn das Erstaunen über die Erscheinung so außerordentlich naher Sternchen scheint ein Gefühl gewesen zu seyn, von dem er sich nicht erholen konnte, und das ihn wohl mit zu einigen sonderbaren Ansichten verleitete. Dieß Erstaunen theilte mit ihm übrigens auch Nevil Maskelyne ***); es war auch natürlich, denn die Nachbarschaft von so kleinen, kaum sichtbaren, farbigen, bald bley- und aschgrauen Sternen zu erblicken, überstieg freylich damals die Begriffe von Stern und Sternhimmel.

---

*) Der Herausgeber nimmt diese Stelle aus Riccioli Almagestum novum.

**) Diese Nachricht erhielt Herschel von Maskelyne S. Abhandlung vom J. 1803.

***) Siehe Acta Academiae Theodoro Palatinae Tom. IV.

Was nun Christian Mayers Arbeit betrifft, so ist gewiß, daß er eine große Kenntniß der praktischen Astronomie, der Lage dieser Wissenschaft zu seiner Zeit, und der Beschäftigungen der Gelehrten hatte. Es ist zu rühmen, daß er so eifrig — „mit unglaubicher Arbeit, mit Aufopferung vieler Nächte" — für die Idee der Doppel-Sterne gewirkt; indem er einzelne und ganze Akademien zur Theilnahme aufforderte (später verloren seine Nachfolger auf der Sternwarte zu Mannheim das Princip aus den Augen, Nachfolger in einer großen Unternehmung durch fortgesetzten Plan und gehaltener Einheit zu seyn).

Mayer traute zu viel auf seinen 8füßigen Quadranten von Bird, der wohl seiner Zeit zu den besten gehörte; dieß machte ihn vielleicht auch in seinen Schlüssen und Ansichten kühner. Die Kühnheit der Behauptungen scheint es auch gewesen zu seyn, was einiges Mißtrauen gegen ihn erregte. Sie war aber auch mit ganz ächten Ansichten verbunden; und da Olbers sich freute, daß Christian Mayer mit diesen ächten durch Herschel wieder zu Ehren gekommen sey, so sey es erlaubt, seine Ansichten in Kurzem hier mitzutheilen.

Er hatte die ganz wahre Ansicht, worin Maskelyne in seinen Briefen mit ihm übereinstimmte, daß die Doppel-Sterne am geeignetsten seyen, die eigene Bewegung der Sterne zu bestimmen; diese Bestimmung sey unabhängig von verschiedenen Einflüssen, welche die direkte so schwierig machten. Er hatte die ganz wahre Ansicht, daß die relative Parallaxe der Sterne, die jährliche, sich dadurch ohne den Aufwand von künstlichen Berechnungen und Beobachtungsart einfach finden ließe, welches also Galilei, Bradley, Herschel auch behaupteten. Auch war dieß noch eine richtige Vermuthung, daß viele dieser Doppel-Sterne ächte Doppel-Systeme seyen; der eine ein wirklicher Trabant des andern; der eine sich um den andern bewege, wie die Jupiters-Trabanten um diesen. Es sey daran nichts auffallendes, Planet und Trabant seyen nicht mehr homogen oder in höherm Grad, als Sonne und Sonne, worin freylich etwas beschränktes liegt.

Das war aber allzugroßes Vertrauen auf seine Beobachtungen, allzuraſcher Schluß, allzu allgemeine Behauptung, daß diese kleine Sternchen neu entstanden seyen; daß sie blos durch eigene Bewegung als neu in unsere Nähe, und in die Nähe ihres Hauptsterns gekommen; er spricht bildlich wie von Austritten der Jupiters-Trabanten, von Perihelien. Dieß ist die Grundlage aller seiner Ansicht und Schließens; dieß ist der Punkt, um den es ihm vorzüglich zu thun ist; die neue, vorher nicht dagewesene Erscheinung, die Veränderung, die sich in Licht und Glanz ergeben, darzulegen und zu bestätigen. Dieß alles ließ sich aber einzig aus der Annahme von veränderlichen Sternen erklären, manches aus dem Zustand der Atmosphäre, Schwäche der Werkzeuge oder der Auf-

merksamkeit der vorhergehenden Beobachter herleiten. Und so stürzte das Fundament seiner Ansicht, der Grund aller seiner Theorie; und so haben sie es auch behandelt, und das Ganze bei Seite gelegt: und so hat also auch die Astronomie ein Beyspiel zu dem Satze geliefert, daß eine Wahrheit, wenn sie als Folge oder in Gefolge einer unerwiesenen oder zweydeutigen Ansicht erscheint, selbst verliere; und daß derjenige, der das Unglück hat, eine Wahrheit so darzustellen, ohne ihre unsichere Umgebung in der Ferne zu halten, ihr schwer Eingang verschaffen wird.

---

3) Mit 4 Doppel-Sternen, welche durch Tradition gleichsam sich fortgeerbt hatten, dem Doppel-Stern Castor; dem Sterne (γ) in der Jungfrau 4ter Größe, dem Stern Mesarthin im Widder, 3ter Größe, und den berühmten 4 Sternchen im Orions-Nebel, fing Herschel an, durchwanderte den Himmel, und in wenigen Jahren hatte er fast Ein Tausend solcher Gegenstände entdeckt, bestimmt, gemessen, beschrieben.

Seine Methode ist allerdings das Erste, worüber Bericht zu geben ist. Ein ganz neuer Zweig der messenden und beobachtenden Astronomie forderte auch neue Methoden. Gemein war, mit dem Geschäfte der Himmelskundigen, das Messen von Winkeln, oder scheinbaren Distanzen; aber nur an Gegenständen von unglaublicher Kleinheit, höchster Lichtschwäche; und Winkel selbst von ähnlicher Kleinheit, es waren die kleinst denkbaren Dreyecke; man sah die Gegenstände, deren Entfernung gemessen werden sollte, nur mit einer solchen Vergrößerung, dergleichen noch nie erhört war bey den astronomischen Messungen mit festen Werkzeugen. Man weiß aber, wie eine immer stärkere Vergrößerung das Gesichtsfeld verkleinert, und die schnelle Bewegung eines Gegenstands durch das Fernrohr, eine jede genaue Messung höchst schwierig und mühevoll macht. Die Zeit oder die Bewegung der Uhr konnte nicht angewandt werden; denn dabey kann man nur Zehntel von Sekunden durch Schätzung beobachten, und noch kleinere Zeitunterschiede traten hier bey den Doppel-Sternen auf. Auch das Micrometer mit beweglichen Fäden — welches das noch einzige Werkzeug war, und welches auch damals schon zu großer Vollkommenheit gebracht worden — verlangte noch ungemeine Aufmerksamkeit und große Kunst der Behandlung; wenn man bedenkt, daß der Faden selbst schon einen Durchmesser über eine Sekunde hat, daß oft eine geringe Beleuchtung des Sehfeldes, welche nöthig ist, um den Faden zu sehen, das kaum sichtbare Sternchen auslöscht, so daß es auf dem hellen Grunde verschwindet. Dabey mußte das Auge erst eingeübt und vorbereitet, durch allmählige Stufen des Sehens gleichsam geführt werden, durch das längere Verweilen in der Nacht erst für das Erblicken so kleiner Lichtpunkte empfänglich gemacht werden. Auch war nicht

jede Vergrößerung für jeden Doppel-Stern passend, der eine vertrug höhere, der andere nicht. Die Verbesserung des Micrometers — des Instruments, um kleine Winkel zu messen — war also das Erste, was Herschel vollbringen mußte; und zwar mußte diese Verbesserung nach zwei Stücken hin sich richten; es für außerordentliche Vergrößerungen passend zu machen, und es ganz neu einzurichten, um den Winkel zu messen, den die Linie von einem Stern des Doppel-Paars zum andern mit der Linie der täglichen Bewegung, oder mit dem Parallelkreis, auf dem sich einer der Sterne befindet, macht, von Herschel Stellungs-Winkel genannt. Wie dieß geschehen, davon wird im 4ten Buch weitere Nachricht gegeben.

Dieß war dem schöpferischen Beobachter nicht genug; er erfand ein ganz neues, auf einem noch nie angewandten Grundsatz beruhendes Micrometer. Der glückliche und an sich einfache Gedanke, der hier ausgeführt worden, ist, daß der Astronom mit dem einen Auge den vergrößerten Gegenstand im Fernrohr betrachtet, mit dem andern ein nachgemachtes Bild desselben außerhalb des Fernrohrs — in passender Nähe. — Dieß nachgeahmte Bild, diese Kopie, nicht das Original, wird nun ausgemessen. Das nähere findet sich im 4ten Buche dieser Abhandlung.

Noch machte Herschel von einer dritten Methode, die Distanz der so nahen Doppel-Sterne zu bestimmen, Gebrauch, welche ihrer Art nach origineller und eigenthümlicher ist, wozu gewiß auch nicht die Spur eines Gedankens vorher da war; nämlich die Schätzung des dunklen Zwischenraumes, der den Doppel-Stern trennt, nach Durchmessern der Sterne selbst. Es ist unzweifelbar, daß diese Durchmesser unächt sind; ein optischer Schein, Folge der Lichtstärke, der Vergrößerung. Herschel maß den Durchmesser der Capella mit dem 7füßigen bey 227facher Vergrößerung, und fand ihn 2,5 Sekunden. Aus der Größe dieses Durchmessers geht unmittelbar hervor, daß er nicht ächt seyn könne. Die Betrachtung über die Sterndurchmesser ist eben so richtig für die Optik, als sie es wäre, um das Wesen der Sterne kennen zu lernen, wenn sich wirklich der ächte vom scheinbaren nach irgend einem Verhältniß, trennen ließe. Vielleicht sind 59 Sechzigstel daran unächt, sagt Herschel.*) Die Messungen des Durchmessers geben ein immer geringeres Resultat, je stärker die Vergrößerung ist. In der Anmerkung *3) habe ich die Messung von Vega und Aldebaran aufgeführt aus der Abhandlung v. J. 1782; bey 6450facher Vergrößerung hatte jene einen Durchmesser von 0,3553 Sekunden; dieser bey 460facher 1,76 Sekunden.

Die Methode der Messung, oder vielmehr Schätzung nach Stern-Durchmessern wird nur angewandt bey sehr kleinen Grö-

*) Abhandlung v. J. 1784. S. 48.

ßen; bey Distanzen von wenigen Sekunden, oder bey kaum sichtbaren, äußerst kleinen, wo alle übrige Messung unmöglich wird. „Allerdings fordert auch diese Weise nicht wenig Uebung, Vorsicht und Zeit; doch wird man finden, daß mit gehöriger Sorgfalt sie einer großen Genauigkeit fähig ist; wie genau z. B. mehrere Personen über die Distanz zweyer Kreise urtheilen, die sie auf Papier gemalt betrachten.“ Die besondern Umstände, die auf diese Methode Einfluß haben — außer der Angewöhnung des Auges, des längern oder kürzern Anblickens, des Verhältnisses zwischen den Sternen und der Vergrößerung — hat Herschel im Zusammenhang bey der Entwicklung des Doppel-Sterns Castor dargelegt, wie er sie durch Erfahrung und Versuche bestätigt gefunden.*) Der scheinbare Durchmesser eines Sterns in einem Spiegel-Telescop hängt hauptsächlich von folgenden Umständen ab: 1) dem Verhältniß der Oeffnung des Spiegels und der Brennweite; 2) der Deutlichkeit (Schärfe) des Spiegels; 3) der Vergrößerung; 4) dem Zustand der Atmosphäre; — welches im 4ten Buch weiter ausgeführt wird. Die Uebereinstimmung mehrerer Beobachtungen zu verschiedenen Zeiten, mit verschiedenen Instrumenten, wiewohl von gleichen Dimensionen, die wirklichen Resultate, die sich ergaben, sprechen hinlänglich für die Anwendbarkeit und Wahrheit* 4) dieser so sinnreich ersonnenen Methode.

---

4) Die Resultate der Beobachtungen sind aus einem Zeitraum von mehr als 4 Jahren in den zwey berühmten Verzeichnissen v. J. 1782 und v. J. 1784 gesammelt. Sie sind geordnet nach der größern oder geringern Distanz der Glieder in dem Doppel- oder vielfachen System. Der Zweck dieser Anordnung war nach Herschels Ansicht praktisch, um andere Beobachter wenigstens auf ein Element aufmerksam zu machen, was hier in mancher Rücksicht entscheidend ist, die anschließende Nähe der Sterne, deren Beobachtung schon vortreffliche Fernröhren voraussezt, und deren Veränderung leichter wahrnehmbar für Parallaxe oder scheinbare Bewegung Entscheidung bringen möchte. Die Angaben sind in diesen Verzeichnissen in ursprünglicher Gestalt mitgetheilt; die Auffindung mancher vorher nicht beobachteten Sterne wird auf eine Art angegeben, die in ihrer praktischen Weise an die alte Kunst der Beobachtung erinnert.

Sie sind in der Beylage VI. nach Sternbildern und nach Classen geordnet vollständig beschrieben. Herschels Bestimmungen betreffen die Größe der Sterne, Farbe, Distanz und Stellungs-Winkel, d. h. den Winkel, den die Linie von dem größern Stern nach dem kleinern gezogen, mit dem Parallel-Kreis (in welchen der größere durch die tägliche Bewegung der Himmels-Kugel fortgeführt wird) macht.

---

*) Abhandlung v. J. 1803. S. 345.

Einiges, was sich besonders aus diesem Verzeichniß hervorhebt, ist hier schicklich mitzutheilen. Es wird nicht auffallend seyn, daß in sehr sternreichen Gegenden, z. B. Orion, Schwan, Adler, in und bey der Milchstraße, auch die größte Menge von Doppel-Sternen sich finden; sie mögen nun blos scheinbare seyn, oder wirklich durch ein systematisches Band vereint; noch weniger wird man erwarten, daß hier vollständig alle solche Erscheinungen aufgeführt seyen, um eine absolute Reihe von Folgerungen daran knüpfen zu können.

Der Unterschied in der Größe der einzelnen Glieder ist zuerst zu betrachten. Das ist ein nicht unwichtiger Beytrag, den die Entdeckung und fortgesezte Beobachtung der Doppel-Sterne über das Wesen der Sterne geben wird. Die Gleichheit der Sterne kann als eine Seltenheit angesehen werden; dieß stimmt freylich sehr gut mit der Ansicht, daß das meiste nur Schein sey, indem ein Stern, in der Tiefe hinter einem andern, fast in einer geraden Linie steht; also zwar nahe, aber ungleich erscheinen müsse. Man muß sich hier erinnern, wie schwer es ist, den Unterschied des Sternglanzes oder der Sterngröße zu bestimmen bey sehr kleinen Sternen, und wie schwer bey sehr engen Doppel-Sternen, und wie groß der Einfluß des Telescops sey. Wenn Sterne zu einem Sternhaufen gehören, für welchen das Gesetz der Gleichheit gilt, so ist die Ansicht natürlich. Der Fall der Gleichheit ist immer eine Beschränkung in der Freyheit der Hervorbringung. Die größte Menge der Doppel-Sterne bilden doch die mit übermäßigem, äußerstem und sehr großem unterschiedenen Glanz. Daß die alte Idee von Trabanten, die sich nur bey größern Sternen finden, gänzlich verschwunden sey, ergibt sich hieraus von selbst; eben so finden sich die Doppel-Sterne bey allen Größen, beym glänzenden Stern Rigel im Orion, und beym telescopischen Stern.

Eine der merkwürdigsten Erscheinungen ist die Farbe, welche die Doppel-Sterne zeigen. Es ist dieß Farbenverhältniß gegen einander nichts Veränderliches, sondern etwas Bleibendes. Daß hier kleine Abweichungen statt finden, vom Zustand des Auges, der Stellung des Sterns am Himmel, der Durchsichtigkeit oder Farbenstimmung der Atmosphäre (oder des Himmels-Lichts selbst?), vielleicht auch in etwas der Vergrößerung abhängend, ist bey so zarter Erscheinung zum Voraus einzusehen. Verschiedene Fern-Röhren mögen vielleicht einige Abänderungen der Farben hervorbringen. — — Einzelne farbige Sterne sind von ältern Astronomen schon beobachtet, und wir haben Herschels eigene Erfahrungen hier noch anzuführen, die er in der Abhandlung vom J. 1814 zusammenstellt. Arctur und Aldebaran haben ein anderes Licht als Sirius und Capella, so wie Mars und Saturns Licht verschieden ist von Jupiter und Venus. — In seinen Musterungen

fand Herschel 9 tief granatfarbige, 5 hell granatfarbige, 10 rothe Sterne von verschiedenen Sternen 7ter — 12ter Größe.

Im Jahr 1798 machte er Versuche mit einem Prisma am Augenglas, das unter jedem Winkel und Richtung am Reflector angebracht werden konnte. Sirius Licht enthält Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Purpur, Violett; Betelgeuze dieselben, aber das Roth ist stärker, und Orange und Gelb sind verhältnißmäßig minder reich als im Sirius. Procyon hat alle Farben, doch verhältnißmäßig mehr Blau und Purpur als Sirius; Arctur dagegen mehr Roth und Orange und weniger Gelb. Aldebaran mehr Orange und sehr wenig Gelb. Vega enthält das meiste Gelb, Grün und Blau. Viele äußerst nahe Sterne in den Sternhaufen zeigen keine Farben; und hier bey den Doppel-Sternen ist so viele Abwechslung, daß die Wahrheit dieser Erscheinung entschieden ist, obgleich sie dadurch merkwürdiger wird, daß sie sich unverändert an den falschen, scheinbaren Durchmessern der Sterne zeigt.

Es war eine aus irdischen Verhältnissen, vielleicht zu weit, hergeholte Ansicht, der auch Herschel vormals geneigt war, daß die Sterne, je weiter sie in die Tiefe sich verlieren, desto mehr einen Anstrich von Rothem annehmen. Schon die fernen Nebel- und Sternhaufen widersprechen diesem Gesetz; obgleich angeführt werden mag, daß die überwiegende Farbe unserer Doppel-Sterne sich in's Rothe zieht. Ein Blick in die Verzeichnisse der Beylage überzeugt uns, daß weder die Größe der Sterne, noch die Classe, in der sie sich befinden — das heißt die enge Vereinigung und Nähe — über die Farbe entscheide, noch die Gleichheit oder Ungleichheit der vereinten Glieder. In der ersten Classe finden wir Sterne von der 6ten und geringern Größe, die von rother, blaßrother und röthlicher Farbe sind; der bekannte Stern Mesarthin zeigt uns zwey gleiche Sterne von weißer, grünrother und rother Farbe kaum 4ter Größe; während einige fast telescopische mit deutlich weißer Farbe sich in der ersten Classe finden.

Die natürlichen Farben, die wir unter diesen Himmels-Lichtern finden, sind uns die rothe und die blaue, und ihre Mischungen. Wir finden Gelb nur ein einzigesmal aufgeführt. Die Doppel-Systeme, welche aus gleichen Gliedern bestehen, enthalten die meisten dieser Farben; bey den äußerst verschiedenen Gliedern ist der kleinste entweder ein kaum merklicher Punkt oder blaß düster, selbst aschfarbig oder roth. Dagegen finden sich mehr oder weniger ausgebildete Gegensätze der Farben; die Beschreibung Herschels, so einfach sie ist, zeigt doch, wie überraschend, anmuthig, ja köstlich der Anblick solcher farbigen Punkte erscheint. „Der erste im „ganzen Verzeichniß*) (ε) im Bootes, ein Stern dritter Größe, hat „einen Begleiter sehr viel kleiner bey sich; der größere ist röthlich,

*) Abhandlung v. J. 1782.

„der kleinere ist blau oder vielmehr von feinem Lila: es ist ein sehr „schöner Gegenstand." Während bey ξ großer Bär beyde Sterne glänzend; bey ζ in demselben Sternbild die beträchtlich verschiedenen den Gegensatz von Weiß und Weißlich-Rosenroth zeigen; erscheint in dem Stern (γ) Andromeda die entschiedenere Gegenfarbe von Rothweiß und schön Himmelblau; und der Stern Ras Algethi im Herkules entwickelt Roth und Blau, gegen das Grünliche ziehend. Sehr wenige zeigen den Fall, wo das Blaue dem größern Sterne zukäme: auch die reinen Gegensätze sind weniger häufig.

Es ist ein Verdienst der Doppel-Sterne, wenn ich mich so ausdrücken darf, daß sie als besonders sich hervorhebende Gegenstände aus dem gesammten Sternhimmel die Aufmerksamkeit festhalten, die Beobachtung und das Urtheil nach gewisser Richtung lenken, nach bestimmten Gegenden des Himmels, nach bestimmten Seiten des Stern-Wesens. Wie diese Farben zu deuten, war demnach hier eine Frage von weit größerer Wichtigkeit als bey dem einzelnen Stern. Herschel hat uns darüber keine Andeutungen gegeben; die Reife der Zeit und den Fortschritt der Beobachtungen abwartend: denn wie vielseitig ist hier die Betrachtung, und wie frey und unbestimmt, da sie noch nicht mit andern Wahrheiten über die Stern-Natur in übereinstimmende Verbindung gebracht werden kann. Ist es des Aethers hemmende Durchsichtigkeit, an verschiedenen Himmels-Räumen verschieden, welche die Farben erzeugt; wie denn vieles darauf hindeutet, daß die Gegenden des Himmels nicht gleich seyen, die Vertheilung der Nebel zum Beyspiel, überhaupt der Begriff eines organisirten Ganzen. Die Entscheidung, ob ein Doppel-Stern ein bloßer optischer Schein, oder ein wahres, verbundenes Ganze sey, war auch wohl abzuwarten — nach Herschels Sinne, wenn ich nicht irre — ehe dieses merkwürdige Farben-Phänomen seinen Schlüssel findet. Wenn es sich auf die Stufen der Vollendung, die mehr oder weniger in den Sternen fortgeschritten ist, bezieht, so würden wir am Himmel dasselbe Gesetz finden wie auf unserer Erde, oder dem Sonnensystem, das den Planeten andere Farben zutheilt. Farbenentwicklung und Bildung allgemeiner Gravitations-Gesetze müßten aber als unabhängig, wenigstens für die Trabantenwelt, angesehen werden, da in der That wirkliche Doppel-Systeme frey vom Gegensatz der Farben sind, bald sie entschieden zeigen.

Einige Merkwürdigkeiten, verschiedene Gedrängtheit, Kleinheit und Sichtbarkeit, Vielfachheit der vereinigten Sterne sollen noch hier eine Stelle einnehmen. Die Sternchen sind manchmal so nahe in einigen Doppel-Sternen, daß, ungeachtet der starken Vergrößerung, es doch nur den Anschein hatte, als ob die Hälfte oder ⅓ des einen Sterns hinter dem andern hervorgetreten wäre. Die Distanz mancher ist bey 900facher Vergrößerung nur ⅛ Stern-Durchmesser, und nur in einer sehr klaren Nacht ist dieß zu erha-

schen. Rechnet man den Durchmesser der kleinen Sterne scheinbar auf 12 Zehntel-Sekunden, so sah wirklich Herschel an Doppel-Sternen eine Größe von 15 Hundertel-Linien. — Der Ausdruck Miniatur, den Herschel hier ebenfalls gebraucht, ist treffend, um die unglaubliche Feinheit, die unter diesen Gegenständen sich darbietet, zu bezeichnen. Der Doppel-Stern Castor aus zwey, beynahe gleichen, nur etwas an Größe verschiedenen Sternen, ist das Vorbild von 3 andern, von 6ter Größe; dem Stern ι im Bootes, dessen Glieder beträchtlich verschieden sind, auch von gleicher weißer Farbe, der Zwischenraum zwischen ihnen beträgt nur ½ Durchmesser des größern, bey Castor 2; bey (η) Krone weniger als ¼ Dm., und etwa ¼ Dm. bey einem telescopischen Stern in der Nähe des Procyons; der letzte ist unter diesen vieren das kleinste Abbild. Der allerfeinste Gegenstand ist ohne Zweifel ein telescopischer Doppel-Stern in der Nähe von η Drache (Kl. 1,19). Beyde Sterne sind düsterweiß ins Röthliche sich ziehend, aber an Größe beträchtlich verschieden, aber so nahe, daß man mit 460facher Vergrößerung nur kaum einen schwarzen Zwischenraum zwischen beyden entdeckt. Die günstigsten Umstände gehören dazu, um diesen Gegenstand zu sehen. — Merkwürdig ist, daß man die kleinsten Begleiter oft mit 460facher Vergrößerung deutlicher sieht, als mit 227facher; z. B. Cl. III, 32. 39. IV, 35. 41. und andere. — Um die Kunst feinere Gegenstände zu sehen, und die Theorie derselben, hat eben diese Untersuchung der Doppel-Sterne einen ganz besondern Zusammenhang. — Die Beschreibung eines vierfachen Sterns ist von Herschel bey ε der Leyer wie folgt; ein sehr sonderbarer doppelter Doppel-Stern. Auf den ersten Anblick erscheint er wie ein Doppel-Stern, von bedeutender Entfernung der Glieder; jedes davon ist aber bey genauerer Aufmerksamkeit ein Doppel-Stern von zarter Art. Das erste Paar Sterne ist beträchtlich ungleich; das andere gleich: die Farbe des erstern sehr weiß, und etwas zum Rothen sich neigend; die Sterne des andern Paars sind beyde weiß. Die Distanzen sind 1½ Durchmesser und 1¾ Durchmesser. Viele regelmäßigere Anordnungen solcher vielfachen Sterne scheinen nicht immer bloß durch das Zufällige unserer Stellung verursacht zu seyn. — Von Farben sind ohne Zweifel die schönern der Stern (γ) in der Andromeda, und Ras Algethi; nicht minder (γ) im Löwen wegen der großen Gedrängtheit seiner zwey Sterne.

---

5) Die Erscheinungen, welche wir im Vorhergehenden betrachtet, sind an sich schon merkwürdig genug, um Epoche in der Sternkunde zu machen, und die Aufmerksamkeit und fortgesezte Theilnahme der beobachtenden Sternkundigen zu fesseln; ihr Auffallendes konnte sich verlieren durch den Zufall; sie konnten entscheiden über manche Frage, die Tiefe des Himmels, und die Vertheilung der Sterne be-

betreffend; bey jeder Untersuchung in der Astronomie, die neu begonnen oder fortgesetzt wurde, mußte auf sie besonders gezielt und Rücksicht genommen werden; sie mußten immer einen Kern von Wichtigkeit in sich bewahren. Aber die Entdeckung Herschels, daß mehrere von diesen Doppel-Sternen nicht bloß optischer Schein seyen, sondern ein durch die Bande der allgemeinen Gravitation oder Schwerkraft vereintes Ganze bilden, sezte wahrhaft, man kann es behaupten, die Doppel-Sterne in den Mittelpunkt der ganzen Astronomie. Es ist bemerkenswerth, daß derjenige, welcher das Trabanten-System der Sonne, durch die Entdeckung des Uranus, um das Doppelte erweiterte, unter den Sonnen selbst Trabanten-Systeme fand; Sonnen, die um einen leeren gemeinschaftlichen Mittelpunkt kreisen; Fixsterne in Trabanten verwandelt. Herscheln allein gebührt diese Entdeckung; denn ein Zeitraum von 25 Jahren weist anderswo auch nicht eine einzige, streng astronomische Beobachtung von Doppel-Sternen auf, nach der neuern Methode vollkommen genügend.

Die mathematische Möglichkeit *5) eines Systems von Sternen oder Sonnen oder Körpern, die sich um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt bewegen, war längst da; es fehlte freylich die Veranlassung, die Berechnung, hypothetisch, nach den allgemeinen Vorschriften des Attractions-Calculs zu entwickeln. Herschel der höhern Popularität, auf eine ihm eigene Weise, zugethan, hat durch Zeichnungen uns diese Systeme von doppelten und mehrfachen Sternen anschaulich gemacht, mit den verschiedenen Bewegungen in Kreisen oder Ellipsen.

Die Wirklichkeit dieser Bewegungen ist es aber, welche uns hier beschäftigt. Sie war in der Abhandlung v. J. 1803 angekündigt, und in den zwey Abhandlungen v. J. 1802 und 1803 mit aller Ausführlichkeit der Beobachtung, der Beweise, und möglicher Ansichten andern Einflusses mitgetheilt worden. Es ist nicht entschieden — die Geschichte muß wünschen, den Zeitpunkt zu besitzen, (wie sie den von Kepplers Entdeckung seiner Gesetze hat) — wann Herschel zuerst sich von der Wirklichkeit eines Doppel-Systems, das den Gesetzen der Anziehung gemäß, um seinen Schwerpunkt kreist, sich überzeugt hat; wann er die alte Idee von der Parallaxe, die ihn zu diesen Untersuchungen geführt, mit der Idee von Fixstern-Trabanten vertauscht, die er sehr frühe, besonders aus Veranlassung des Trabanten beym Stern Rigel, erster Größe, gehabt zu haben scheint. Es ist gewiß, daß er die Idee verfolgte; während dieses langen Zeitraums von 25 Jahren Messungen auf's Neue anstellte, wohl auch zufällig, bey andern Beobachtungen, darauf zurückkam. Schwerlich hat Herschel die ganze Reihe der ursprünglichen Doppel-Sterne wieder durchge-

messen.*) Dadurch bleibt allerdings unentschieden, ob diejenige, bey denen er keine Veränderung angibt, wirklich unveränderlich seyen. Hier war schwer, aus der Masse von Tausend diejenigen herauszufinden, die gerade ächte Doppel-Sterne sind; hier ist gar kein Leitfaden; wie beym Kometen-Suchen, das in ein geordnetes System gebracht worden ist. Es mag unwahrscheinlicher seyn, solche in der Milchstraße oder in sternreichen Gegenden zu finden, oder unter gleichen Sternen, oder solchen, die sehr entfernte Trabanten haben. Darüber haben aber die Resultate nichts bleibendes entschieden. Nur Herschels Unermüdlichkeit haben wir alles zu danken. Er ist wohl mit dem Columbus zu vergleichen, der unsere Doppelwelt in geographischem Sinne entdeckte. Zutrauensvoll lud er die Astronomen ein, „es werde gewiß Früchte bringen." Er ärndtete sie allein; um so mehr, da Vergleichung mit ältern Beobachtungen hier anzustellen, unmöglich war; weil keine vorhanden waren.

Die Resultate**) enthalten über 50 Sterne, wovon beynahe die Hälfte aus der ersten Classe der gedrängtesten. Ich habe sie in der beyfolgenden Tabelle nach der Größe der Veränderung geordnet; wenn man die Zwischenzeit auf 20 Jahre reducirt. Um der Tabelle einen allgemeinen Werth zu geben, habe ich den Unterschied in der Größe der Sterne; ihre Distanz nach Durchmessern oder Sekunden; und Herschels Anmerkungen beygefügt: leztere betreffen die Ursachen, welche die Veränderungen, an den Doppel-Sternen beobachtet, hätten mit bewirken können. Herschel gibt die Gränzen seines Micrometers auf 5 Grad, wornach die Genauigkeit der Resultate in nebenstehender Tafel zu berichtigen ist.

*) Von den Doppel-Sternen im Orion sagt Herschel in der Abhandlung v. J. 1802, an ihnen habe er keine Veränderung beobachtet.
**) S. 6te Beylage.

Diese Resultate sind ein Text, über den noch Jahrhunderte lang commentirt wird. Das Erste, was Herschel untersuchte, ist die Wahrheit dieser Bewegungen; denn es findet hier eine Verwicklung von Schein und Wahrheit — wie in aller Bewegung statt — die schwer zu sondern ist. Ein Schein von Bewegungen im System eines Doppel-Sterns kann dadurch entstehen, daß die Sonne (und wir auf ihren Trabanten) — sich bewegt, wodurch die Sterne, wenn sie in großer Ferne hintereinander liegen, eine scheinbare Bewegung annehmen, wie die Bäume einem, der im Walde steht, sich hinter einander oder vor einander weg zu bewegen scheinen. Herschel nennt in den Anmerkungen diesen Schein die systematische Parallaxe. Darüber wird im §. IV. weiter die Rede seyn. — Die Veränderungen, welche beobachtet worden, können auch von der wirklich eigenthümlichen Bewegung der Sterne im Weltraum, ohne daß sie als ein für sich bestehendes Ganze auf einander wirken, herrühren. Herschel untersucht die Wahrscheinlichkeit oder Unwahrscheinlichkeit, nach der von den Astronomen angenommenen, wirklichen (eigenthümlichen) Bewegung mehrerer Sterne. Ueber diese Beziehungen wird vielleicht noch unser Jahrhundert entscheiden.

Die Veränderung in der Distanz könnte auch bloß optischer Schein hervorbringen. Es können Sterne im Kreise sich um einander, oder eigentlich um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt der Schwere bewegen, sie scheinen sich aber in einer Ellipse zu bewegen, weil die Ebene ihres Kreises gegen unsere Gesichts-Linie schief ist; das Umgekehrte kann auch statt finden, wir glauben eine Bewegung im Zirkel zu sehen, die eigentlich in der Ellipse Statt findet. Im Allgemeinen, ehe alle Ursachen dieser Veränderungen uns bekannt sind, müssen wir mit Herschel alle Formen annehmen, die geradlinigen, die krummlinigen, offenen, die hin und her oscillirenden, die mehr oder weniger kreisförmigen; vielleicht müssen wir hier selbst repulsive Kräfte wirksam denken, worüber Herschel ehmals theoretische Untersuchungen angestellt hat.

Einige vorläufige Bemerkungen über diese merkwürdigen Erscheinungen bieten sich von selbst dar. Die meisten Sterne sind aus den zwey ersten Classen. Dieß wäre — wenn nicht Jahrhunderte auch bey andern Bewegungen einst entdeckten — auffallend; gleichsam als wäre die Bildung von Systemen nur für gewisse Distanzen möglich; als hätte sie gewisse Gränzen in der Ausdehnung solcher wahrhafter Sonnensysteme! — Das Auffallende, daß unter 600 Doppel-Sternen nur wenige durch Bande der Attraction verbunden sind, wird eben so vielleicht für kommende Geschlechter verschwinden. — So wie in der Bildung der Doppel-Sterne, was die Größe ihrer Glieder betrifft, die größte Freyheit herrschte, wiewohl mit Ausnahme der Gleichheit, so finden wir sie auch hier wieder in Geschwindigkeit und Größe der

Bewegung, von 2 Graden bis 107 Grad in 20 Jahren. — Nicht übersehen mag werden, daß die ächten Doppel-Systeme sich weniger unter den Sternen erster oder zweyter Größe, als vielmehr unter den kleinsten Sternen finden. Die Mayersche Ansicht von Fixstern-Trabanten, die um einen überwiegenden Stern erster Größe etwa sich bewegen, ist verschwunden, wiewohl sich im Allgemeinen, wie man bis jezt urtheilen muß, unter allen Größen Doppel-Sterne finden. — Ob die Doppel-Sterne, was ihre Lage am Himmel betrifft, gewissen Stern-Systemen, in welche wir das Ganze getheilt denken, eigenthümlicher seyen, ist noch nicht zu entscheiden.

Bey einer so herrlichen Entdeckung als diejenige, welche wir hier betrachten, ist es wohl erlaubt, ja fast unwiderstehlich, sich schönern Hoffnungen zu überlassen; und gleichsam die Entdeckungen, welche der Nachwelt aufbewahrt bleiben, in deren Besitz sie erst selbst gesichert kommen wird, zum Voraus zu erhaschen; und in der Wissenschaft, die sonst nur strenge Beweise und Wahrheiten darbietet, vielleicht auch Träumen sich hinzugeben. Herschel hat, wiewohl mit großer Mäßigung dieß gethan, indem er die Umlaufszeiten einiger dieser Systeme, und die Vergleichung mit unserm Fixstern-Systeme (welches offenbar die zwey anziehendsten Seiten der Betrachtung sind) darlegte.

Die Umlaufszeiten hat er bey fünf Sternen bestimmt; oder angenommen, unter der Voraussetzung der Kreisbewegung bey δ in der Schlange, bey Castor, bey dem Stern (γ) auf der Brust der Jungfrau; bey den zwey andern (γ) im Löwen, und ε im Bootes ist die Distanz größer geworden; dieß wird als optische Täuschung angenommen, weil wir die Kreisbewegung schief betrachten. Daraus ergeben sich die Umlaufszeiten für jene fünf Sterne 375, 342, 708, 1200, 1681 Jahre; indem die zwey leztern etwa 2⅓ mal größer werden, weil es die Voraussetzung einer Reduction auf Kreisbewegung erfodert.

Die Vergleichung mit unserm Fixstern-System findet sich in der Abhandlung v. J. 1802, dort zeigt Herschel, es sey unmöglich, daß zwey Sonnen, wie sie in unserm System sich finden (z. B. Arctur und Vega), welche eine Sirius-Weite von einander entfernt sind (welche Sirius-Weite als das Maß der Stern-Distanz in unserm System angenommen wird nach des 1sten Buchs §. 4.) — uns als Doppel-Stern erscheinen können. Denn von einer Sirius-Weite aus betrachtet erscheinen sie unter einem Winkel von 60 Grad; man müßte sie 41253 Sirius-Weiten entfernen, wenn sie so nahe und an einander gedrängt erscheinen sollen, wie ein Doppel-Stern erster Classe. In dieser ungeheuren Entfernung sehen wir weder Arctur noch Vega mehr mit Herschels siebenfüßigem Telescop, da selbst der 40füßige nur Sterne in 1342 Sirius-Weiten erblickt. Dem 7füßigen verschwinden sie, wenn

ihre scheinbare Entfernung kleiner ist als 24¼ Minuten; dem 40füßigen selbst bey 2½ Minuten Distanz; aber dann würden sie erst noch als die denklich kleinsten Sterne erscheinen, während unsere Doppel=Sterne sich noch als von der vierten, fünften Größe zeigen. Es gibt also keine Sirius=Distanzen im System der Doppel=Sterne; wenn sie aus Sternen ähnlich unsern Sternen erster Größe bestehen.

Dieß sind die einzigen Andeutungen, die Herschel gibt. Das Großartige seiner Entdeckungen, den Reichthum von Keimen, der darin liegt, der Pflege kommender Jahrhunderte überlassend. Ich habe mir erlaubt seine Vergleichung noch bis auf unser Planeten=System auszudehnen, indem ich noch einige Sterne mit aufführte, von denen die Umlaufs=Zeit sich jedoch aus den Herschelschen folgern läßt. Die folgende Tabelle gibt die Uebersicht.

Uebersicht der Bahnen, der Umlaufs=Zeiten, der attractiven Kräfte der Doppel=Sterne, wenn ihre Distanz von uns gleich einer 10fachen Sirius=Weite angenommen wird.

Sterne.	Achse der Bahn.	Umlaufs=Zeit.	Attractive Kraft.	Größe der Sterne.
(γ) Löwe	11,0	1200	0,001	2
(δ) Schlange	15,2	380	0,018	3
(η) Krone	16,0	250	0,065	5
Castor	19,0	390	0,045	2
(ξ) gr. Bär	23,6	160	0,514	5
(σ) Krone	25,2	350	0,137	5
(ε) Bootes	28,0	1700	0,008	3
(p) Schlangen=Träger.	28,4	70	2,342	4
(γ) Jungfrau	29,5	750	0,045	3
(ξ) Bootes	38,0	25	0,878	4

Anm. Die große Achse der Bahnen (die Einheit ist die Achse der Erdbahn, oder eine Sonnenweite) ist berechnet aus den von Herschel angegebenen Distanzen, den Durchmesser eines Sterns — den optischen — zu 1,6 Sekunden gerechnet; und das Verhältniß der Massen nach den Durchmessern bestimmt, um den Mittelpunkt der Schwere beyder Sterne zu finden, woraus sich dann die Achse ergibt. Die Einheit der attractiven Kraft ist die Kraft der Sonne.

Was für entscheidende, und überraschende Resultate werden sich aus dieser Uebersicht ergeben, wenn man die Umlaufs=Zeiten als entschieden betrachten könnte! Welche Contraste mit unserer Sonne! Welche kleinliche Dimensionen in der Region dieser Sterne, die kaum eine doppelte Uranus=Weite erreichen! Welche Uebereinstimmung in den Kräften bey einigen! oder ist

wirklich der Maßstab von 10 Sirius-Weiten eine zu kleine Entfernung? Der Widerspruch in den attractiven Kräften, ist über die Massen auffallend; wenn man die äußersten nimmt, so ist die attractive Kraft des Sterns (γ) im Löwen über 2000 mal kleiner als die des Sterns p im Schlangenträger; Castor hat 60 mal kleinere attractive Kraft. — Gewiß ist die Theorie des Sterns Castor am allervollständigsten und zuverläßigsten; auch nur dieser einzige gibt uns zu Betrachtungen Veranlassung, die sich nicht so leicht entscheiden. Soll Castors attractive Kraft der unserer Sonne gleich werden, so müssen wir ihn 30 Sirius Weiten entfernen; und doch erscheint er als ein Stern zweiter Größe. Unser angenommener Maasstab wäre viel zu klein, wir müßten ihn 15 mal größer nehmen, die Herrschaft unserer Sonne, die Leere bis zum nächsten Stern 15 mal größer annehmen! Was fürchten wir uns davor? Der unendliche Raum steht uns frey, und alles bleibt in demselben Verhältniß; nur die Durchmesser aller Sterne werden 15 mal kleiner, und doch ist aus dieser Entfernung ihr Glanz so erfreulich. Die Bahn, welche der Trabant um den Castor beschreibt, ist, selbst bey der obigen Annahme von 30 Sirius-Weiten immer noch klein; sie erreicht eine dreyfache Uranus-Weite. — Dann erhalten wir aber zugleich für den Stern p im Schlangen-Träger eine anziehende Kraft, welche fast 60 mal so groß ist als die der Sonne! Wie sollten solche ungeheure Kräfte nicht längst ein Sternenheer um sich versammelt und Mittelpunkt überwiegender am Himmel geworden seyn? — Wollen wir aber unsern gewöhnlichen Maasstab beybehalten, und unsere Ansicht von der 1- 2- 3-fachen Distanz der Sonne und 1- 2- 3-facher Sirius-Weite, so sinken unsere Doppel-Sterne in die Reihe kleinlicher Trabanten herab; die Bahn Castors beträgt keine Jupiter-Distanz, und die vereinte Attractiv-Kraft dieses Paars ist 2500 mal kleiner als die Kraft der Sonne. Wenn dann in jenen Gegenden attractive Kräfte, von Materie ähnlich der unsern, getragen werden, so erhalten wir Sonnen, die 2500 mal weniger Körperlichkeit besitzen als die unsrige; jede wird ungefähr eine Masse, gleich der des Jupiters, und leuchtet uns doch mit so unauslöschlichem Licht? Aber ist dann attractive Kraft nothwendig der Exponent der Materialität?

Also hat, die herrliche Entdeckung W. Herschels über die, durch Bande der Attraction, vereinte Sonnen zu gleicher Zeit die Fragen über den Maasstab des Himmels, die attractiven Kräfte und das Leuchten der Sonnen in Bewegung gebracht, und mit Recht konnten wir oben behaupten, daß die Untersuchung über die Doppel-Sterne in den Mittelpunkt der Astronomie gestellt sey.

---

§. 3. Die veränderlichen Sterne.

1) Die Untersuchung über die Doppel-Sterne gehört, wie aus dem Vorhergehenden erhellt, zu den feinsten der Astronomie, die über veränderliche Sterne, obgleich der populärste und so zu sagen, alle höhere Kunst verschmähende, Theil der Astronomie, ist darum weder ohne Wichtigkeit, noch ohne Reiz, den ihm schon das Räthselhafte der Erscheinung gibt, daß ein Stern seinen Glanz oder seine Farbe in größern, unabsehbaren, oder kleinern Perioden ändert. Wenn die Astromen nicht forschen, oder nicht auf neue Entdeckungen ausgehen, wie Herschel bey den 3 Musterungen die er durch den Sternhimmel machte, so fordert die Natur auf, so durch Erscheinung eines neuen Sterns den Vater der Astronomie Hipparchus zur Entwerfung eines Stern-Katalogs, und Keppler zur Entwicklung seiner physischen Ansichten über Sterne und Licht. — So wie die Darlegung der mathematischen und physischen Ursachen dieser Erscheinung die ersten Sternkundigen beschäftigte, so war ihrer Natur nach, die Beobachtung derselben mit der fundamentalsten und wesentlichsten Beschäftigung der Astronomen — zuverläßige, genaue und vollständige Sternverzeichnisse zu entwerfen, aufs Innigste verbunden; weil seit Flamstead, der Gewohnheit der Alten gemäß, die scheinbare Größe d. h. der Glanz der Sterne in das Verzeichniß aufgenommen wurde. Dann kann auch die Bestimmung von solchen veränderlichen Sternen, welche eine große Periode befolgen, oder gar nur einen immerwährenden Fortschritt oder Abnahme zeigen, nur durch Vergleichung älterer Verzeichnisse gemacht werden.

Herschels dritter Streifzug durch den Himmel, (der zweyte hatte die Doppel-Sterne und den Uranus verschafft) mit einem 7füßigen und 460facher Vergrößerung — wobey aber auch geringere und stärkere bis zu 6000 an der Hand waren, je nach der Beschaffenheit des Gegenstandes und des günstigen Wetters, — hatte zum Zwecke 1) das Daseyn der Sterne wie sie in dem brittischen Verzeichniß angegeben sind, zu bewahrheiten, 2) genau zu beobachten, ob der Stern einfach oder doppelt ist, gut begränzt oder duftig, 3) seine Farbe zu bemerken, wenn die Höhe oder Lage des Sterns eine Sicherheit hierin gestattete, 4) alle kleinen Sterne in der Nähe bis zur 12ten Größe wenigstens in der Umgebung jener Sterne zu untersuchen, und dieselben Umstände, die Farbe ausgenommen, zu merken. Die Einrichtung seines Beobachtungs-Fernrohrs war so gesetzt, daß er in der Periode von 11 — 12 Stunden manchmal nicht weniger als 400 himmlische Gegenstände einzeln und sorgfältig untersuchte, nebenbey Winkel und Stellungen maß, mit gehörigen Micrometern, und bisweilen einen besondern Stern halbe Stunden lang mit den verschiedenen Vergrößerungen betrachtete.

Er gibt einige allgemeine Resultate dieser Musterung *), indem er zuerst Sterne aufführt, die — unter Voraussetzung der Richtigkeit der Angabe in Flamsteads Catalog — ihre Stelle bedeutend mehr oder weniger geändert haben, oder gar verschwunden sind; und zweitens diejenige, in welchen sich seit Flamsteads Zeit eine Veränderung in der Größe gezeigt hat: diese Beobachtungen hat Herschel später in sein Verzeichniß der relativen Helligkeit der Sterne aufgenommen. Drittens führt er mehrere Sterne auf, welche Flamstead nicht gesehen hat, obgleich durch ihre Lage und Größe sie wohl ihm nicht hätten entgehen sollen. Ob die Resultate wirklich, oder nur aus zufälligen Beobachtungs-Unrichtigkeiten entstanden, ist schwer zu entscheiden, und fordert wohl noch die Vergleichung mit andern ältern Verzeichnissen. Wie sehr muß der Astronom bedenken, daß eine unrichtige, oder nach irgend einer Seite hin vernachläßigte Beobachtung die Nachfolger in diesem schwierigen Geschäft zu noch schwierigeren Untersuchungen veranlassen kann, und nicht selten in Verlegenheit setzen.

Nur zwey Sterne hat Herschel — auf den größere Unternehmungen Ansprüche machten — fortgesetzt beobachtet, den ältesten aller veränderlichen, im Wallfisch von Fabricius zuerst entdeckten und der wundervolle Stern (Stella mira) genannt. Seine Beobachtungen * 6) sind schon zum Theil vom Jahr 1777; er vergleicht ihn mit andern Sternen der Helligkeit nach; nimmt auch auf den fernern telescopischen Stern Rücksicht, dessen Distanz er mißt; die Gestalt schien bisweilen elliptisch; der scheinbare Durchmesser ist bloß optischer Schein. Er bestimmt seine Periode zu 331 Tage, 10 Stund 19 Minuten: und bemerkt, daß die Verschiedenheit der Bestimmungen der Astronomen sich dadurch erklären lasse, daß man Veränderlichkeit in der Licht-Aussendung annehme, nicht bloß der Größe nach, sondern auch der Stelle nach; wobey freylich diese Stellen ziemlich nahe bey einander sich finden müssen.

Der zweyte veränderliche Stern ist von Herschel selbst entdeckt, und eigentlich ein Resultat seiner einfachen und strengeren Methode, die Sterne nach ihrem Glanz zu vergleichen: es ist der Doppel-Stern (α) im Herkules. Er verglich ihn, ein Jahr hindurch, mit dem nahe gelegenen Stern (κ) im Schlangen-Träger — der als unveränderlich angenommen ward — * 7) daraus ergibt sich eine Periode von ungefähr 60¼ Tagen. Diese Bestimmung muß durch folgende Beobachtungen noch berichtigt werden, um so mehr, da die veränderlichen Sterne von Zeit zu Zeit Unregelmäßigkeiten oder Ungleichheiten unterworfen sind.

---

*) S. die Abhandlung vom J. 1799.

Man kann nicht umhin, diese Entdeckung besonders glücklich zu nennen, da sie einmal ein neues Glied, das gleichsam einen Uebergang von den kleinern Perioden zu den größern uns gezeigt hat; Algols Periode im Medusen-Haupt ist nur 3 Tage und der Wunder-Stern im Wallfisch hat 331 Tag zu seiner Periode, 60 Tage für α Herkules ist eine mittlere Periode. Und dann ist sie merkwürdig, indem sie die Doppel-Sterne und die veränderlichen mit einander in Verbindung bringt; wodurch offenbar die Betrachtungen über das Wesen derselben einen allgemeinen Charakter annehmen. So ist die Gunst des Glücks auch in dieser Sphäre dem großen Entdecker zu Theil geworden.

2) Diesen einzelnen Untersuchungen und Resultaten fügte Herschel eine größere und umfassendere Arbeit bey. Es ist in seiner Art nichts Vereinzeltes zu thun, ein planmäßiges Ganze, eine allgemeine Methode war es immer, was er verfolgte. Er fühlte und preist es auch an das Wichtige der Untersuchung über die veränderlichen Sterne; der Mangel an Theilnahme entgeht ihm nicht, den sie bisher erfahren, das Vereinzelte, und der Mangel an einer bestimmten Methode. Diese suchte er zu begründen, und das Vereinzelte machte er zu einem Ganzen, indem er für alle Sterne des brittischen Catalogs in mehr oder weniger umfassenden Reihen von Vergleichungen ein Verzeichniß der relativen Helligkeit gab.

Ueber das Erste, was Herschel, *) die bisherige Methode die Stern-Größe zu bestimmen betreffend, anführt, ist ohne Zweifel nur Eine Stimme. Weder ist sie in der Natur der Dinge gegründet, noch ist überhaupt ihre Anwendung gehörig geordnet gewesen. Wären die Sterne an sich alle gleich, und gleich am Himmel vertheilt, so wären allerdings die Begriffe erste, zweyte Größe etwas Wirkliches, indem sie der Entfernung entsprächen; aber Beydes ist in der Natur nicht gegründet; wenigstens läßt es in der Anwendung nicht die gegründete Schärfe zu. Die Astronomen, die so eintheilten, haben demnach ihre Größe und ihren Glanz auf eine imaginäre Idee von Helligkeit bezogen. In der That, wenn man die große Menge von Sternen, die sich in jeder Classe gestellt finden, betrachtet, so mögen sie allerdings dienen, um eine Art von verwirrtem Typus in uns hervorzubringen, nach welchem wir auch andere Sterne ordnen können. Zweifelhaft bleibt dieß immer, wie auch die Nothwendigkeit Unter-Abtheilungen zu machen beweist. Diese Zwischen-Stufen haben zwar bey der ersten Classe noch einige Bedeutung, bey der höhern aber nicht.

Herschel zeigt sofort, indem er die Wirklichkeit mit den

*) S. die Abhandlung v. J. 1792.

Angaben der Stern-Größen in Flamsteads Catalog vergleicht, was für Unrichtigkeiten die Vergleichung der Sterne mit diesem ideellen eingebildeten Typus hervorbringe. Dieß wird noch auffallender, wenn man die Bestimmungen mehrer Astronomen zusammennimmt. Auch die Methode Reihen von Sternen in einem Sternbild, nach der Ordnung der Größe zu bilden α, β, γ u. s. w. sey nicht streng beobachtet und mit der Angabe der Größen nicht übereinstimmend. La Lande hatte die Idee solche Reihen zu bilden, bey den berühmten sieben Sternen im großen Bären angewandt, und die alte Methode der Größen-Angabe verlassen. Dieß hätten auch Pigott und Gooderike gethan, welche die veränderlichen Sterne bloß durch Vergleichung mit benachbarten bestimmten; sie waren die eigentlichen Gründer der wissenschaftlichen Bestimmung und Untersuchung veränderlicher Sterne. Herschel versuchte selbst die Methode der Reihen bey den ganzen Sternbildern anzuwenden. Allein es ergaben sich mehrere Schwierigkeiten. Man hatte keine Zwischenstufen, oder wenn man diese andeuten wollte, mußte man zu neuen Zeichen, (z. B. Trennung durch Intervalle, oder Verbindung von Accenten) zu Hülfe nehmen, die Aufstellung gleicher Sterne in diesen Reihen war auch wieder zweydeutig.

Endlich blieb Herschel bey folgender Methode stehen, als der genauesten. Nur die relative Helligkeit der Sterne comparative brightness wird bestimmt, durch Vergleichung mit andern Sternen, welche aber nicht zu sehr viele Stufen von ihnen entfernt seyn dürfen: dieß führt zu folgenden Bestimmungen, samt ihrer Beziehung.

Zwey Sterne sind am Glanze gleich; man kann nicht sagen, welches der hellere ist, bald ist dieser bald jener heller. Bisweilen kommt dem Beobachter doch vor, als wäre wahrscheinlich der eine der hellere. Diesen stellt man voran; damit wird aber nicht die vollkommene Gleichheit aufgehoben, und man kann auch den andern zuerst stellen. Das Zeichen ist der Punkt zwischen den Flamsteadschen Zahlen der Sterne. Wird von drey Sternen behauptet, daß sie an Glanze gleich sind, so kann die Ordnung in der sie stehen nicht verändert werden, weil immer nur zwey Sterne verglichen werden; und die wirklich geschehene beobachtete Gleichheit ausgedrückt werden soll, nicht Schlüsse aus den Beobachtungen.

Zwey Sterne sind fast gleich; man hält sie bisweilen für gleich, bis eine längere Beobachtung für den einen sich entscheidet als den hellern. Das Zeichen für diese Stufe ist ein Comma, der hellere steht vor dem Comma; das umgekehrte Comma hat den minder helleren vor sich.

Der eine Stern ist ein wenig heller als der andere. Das Zeichen ist der Strich; vor dem steht der hellere.

Der eine Stern ist ein wenig helller als der andere; das Zeichen ist Strich und Comma. Beträchtlich heller, viel heller hat das Zeichen zwey Striche oder drey Striche. Doch müssen letztere entferntere Vergleichungs-Stufen vermieden werden. Aus diesen Charakteren werden durch Zusammensetzung andere gebildet.

So einfach diese Methode scheint, so ist sie doch mit Schwierigkeiten und Beschwerden verbunden. Bey der Beobachtung, die meist mit bloßem Auge geschah — sind gar manche Irrthümer möglich. Die verschiedene Höhe der Sterne; Monds-Stellung, Dämmerung, fliegende Wolken; das unbeständige Flimmern der Sterne, das Nordlicht, der Wechsel vom Hellen ins Dunkle sind Veranlassungen zu Irrthümern. Dann ist die Mühe nicht gering, für jeden Stern am Himmel zwey, oder wenn es nöthig ist mehrere ausfindig zu machen, mit denen er sich schicklich vergleichen läßt, und die Vergleichung selbst ist — wenn Genauigkeit erlangt werden soll für die Resultate — nicht so einfach, als es auf den ersten Blick erscheint.

Herschel äußert, diese Schwierigkeiten sollten uns — bey einer Untersuchung von großer Wichtigkeit, — nicht entmuthigen; und er selbst gibt, auch in diesem Kreis, ein schönes Muster von unermüdetem, und sich gleich bleibendem Beobachtungs-Fleiß, in Mittheilung der Verzeichnisse des relativen Stern-Glanzes. Sie umfassen alle Sterne des Flamsteadschen Catalogs, also daß jeder Stern wenigstens mit einem andern verglichen, meist aber mit zwey, öfters mit dreyen und mehreren. Hätte Herschel für die letztern zwey Stufen sehr wenig und ein wenig heller auch ein Zeichen gewählt, das man umkehren könnte, so ließen sich auch in vielen Fällen Reihen aus seinen einzelnen Resultaten bilden, und beyde Methoden wären gleichsam vereint. Vielleicht wäre es auch den künftigen Beobachtern erwünscht, wenn die Sternbilder mit einander verbunden wären durch solche Lichtgleichungen.

---

3) Zur Theorie dieser Erscheinungen hat Herschel in mehrern Abhandlungen Andeutungen gegeben. Die Wichtigkeit der Untersuchungen bringt er mit der Geschichte der Sonne in Zusammenhang. „Wer würde nicht wünschen, darüber Kunde zu erhalten, welchen Grad von Permanenz wir dem Glanz der Sonne zuschreiben dürfen? Nicht allein die Stabilität unserer Climate, sondern die Existenz selbst, der ganzen Thier- und Pflanzen-Schöpfung, hängt mit dieser Frage zusammen. Nur astronomische Beobachtungen können darüber entscheiden, und wenn Sterne Sonnen-Natur an sich haben, so ist es nothwendig um das Schicksale unserer Nachbar-Sonnen sich zu bekümmern, woraus das der unsrigen zu schließen. Wird sie allmählig abnehmen, wird sie plötzlich auflodern, oder allmählig sich zu höherm

Glanz erheben; welche Fälle am Himmel sich finden. — Sollte die Beobachtung lehren, daß alle, oder die meisten, Sterne wahrhaftig ihren Glanz ändern, so wird unsere Ansicht, von der Beständigkeit des Sonnen-Lichts, sich sehr verringern. Manche Erscheinungen in der Naturgeschichte, deuten darauf hin; ungewöhnliche Erscheinungen im Witterungs-Lauf läßt sich vielleicht daraus deuten." *)

Sonst stimmt Herschel der ältesten Meynung über diese periodischen Lichtwechsel bey. Dunkle Flecken, oder große Strekken, auf der Oberfläche, weniger hell als die übrigen, die abwechselnd in gewissen Richtungen entweder gegen uns oder von uns weg sich drehen, erklären alle Erscheinungen der veränderlichen Sterne so genügend, daß wir keine andere Ursache aufzusuchen brauchen. Daß eine und dieselbe Ursache, Umdrehungs-Bewegungen von so höchst verschiedenen Perioden, von drey Tag bis 18 Jahren hervorbringe, sey kein Einwurf; da selbst in unserm Planeten-System Perioden von so verschiedener Dauer sich finden; wie zum Beyspiel Eliel der fünfte Saturns-Trabant, 79 tägige. Es lassen sich übrigens noch mehrere physische Ursachen in dem Bau der Sterne denken, die ein zufälliges Ab- oder Zunehmen des Glanzes hervorbringen können, ohne eine Regelmäßigkeit in der Dauer. Vielleicht haben auch die Sterne noch andere Bewegungen, Schwankungen, Veränderungen in der Neigung der Achsen; ihre Körper sind durch schnelle Umdrehung stark abgeplattet, oder mit Ringen gleich dem Saturn umgeben. Dadurch werden sich etwa neue Erscheinungen erklären lassen.

Daß wir in unsern Fern-Röhren von solchen abgeplatteten linsenförmigen Körpern nichts gewahr werden, ist nicht zu verwundern, da wir nur die unächten Durchmesser sehen, zu denen die ächten gar kein greifbares Verhältniß haben. Anderswo nimmt Herschel auch die Möglichkeit an, daß ein Stern sich um einen großen dunklen Körper bewege, und von Zeit zu Zeit hinter ihm verberge. Die wirkliche eigene Bewegung der veränderlichen Sterne verdient eine besondere Beachtung, weil sie zur Entscheidung der Frage beytragen kann, ob mit der umdrehenden Bewegung der Himmels-Körper nothwendig auch eine fortschreitende verbunden ist. — Zu weitern Betrachtungen reizt der veränderliche Doppel-Stern. Nur einer findet sich am Himmel, so weit unsere Kenntniß reicht. Wenn das veränderliche Licht von Trabanten oder dunklen Planeten herrührt, die um den Stern sich drehen und ihn uns regelmäßig bedecken — wodurch eben seine Periode entsteht — so haben wir das Schauspiel von vereinten Sonnen im Doppel-Stern, deren die eine wenigstens noch ein Planeten-System um sich hat.

*) S. die Abhandlung v. J. 1792.

Die Klarheit und Beständigkeit der Sterne in den Sternhaufen, rührt es von der Besonderheit dieser Lichtbildungen her, oder kann von jener Tiefe aus, in welchen sich dieselben befinden, das Auge die Licht-Veränderungen nicht mehr erblicken und vergleichen. Vielleicht sind dennoch die veränderlichen Sterne die uns näheren, uns verwandteren und gleichsam einheimischen.

---

§. 4. Die eigene Bewegung der Sterne.

1) Wir betreten nun bloßen mathematischen Grund und Boden. Die Frage: welche Wirkungen, die allgemeine Schwere auf die Bewegung eines Systems von Sternen, eines großen Ganzen von Himmels-Körpern habe, wird verhandelt; ob unsere Beobachtungen uns Spuren solcher Veränderungen zeigen; ob das unserer Sonne sich daraus finden lasse, oder die verschiedenen Systeme des Himmels von einander sondern, und das Eigenthümliche in der Bewegung mancher Sterne erkennen. Allerdings eine große Aufgabe, deren vollständige Lösung eben so unendlich seyn würde, als der Sternhimmel selbst, wenn es uns nicht vergönnt wird, die Umrisse des Ganzen und seine Gesetze aus seinen Theilen oder unsern nächsten Umgebungen zu entwickeln.

Die Basis aller dieser Untersuchungen — insofern nicht bloß theoretische Ansicht sich mit der Rechnung verbindet — sind die Stern-Verzeichnisse. Man kann behaupten, daß die größte Kraft der Astronomen auf die Stern-Verzeichnisse verwendet worden ist; es liegt dieß im Wesen der Sache, auch lehrt die Geschichte der Astronomie, daß die Vervollkommnung dieser Grundlage mit den Fortschritten jener parallel ging. Es war eben so wesentlich, oder es floß aus der Nothwendigkeit, die sich aus der Mangelhaftigkeit der Werkzeuge ergab, daß man vorzüglich zuerst die hellern Sterne und so allmählig herab die kleinern in den Kreis der Beobachtung und in die Verzeichnisse aufnahm; ihre Lage und Vertheilung am Himmel begünstigte sie, und ihr populärer Gebrauch für die Seefahrer, den Calender. Die Einführung des Fern-Rohrs in die beobachtende Astronomie — die leider Hevel nicht annahm — brachte größere Freyheit; durch die Bestimmung der Zeit vermittelst der Sterne, durch Beobachtung bestimmter Sterne zu bestimmten Zwecken mußte sich das Heer der Sterne erweitern; wiewohl man nicht gerade behaupten kann, daß überall ein vollständiger Plan zu Grunde liege, wie dieß auch aus dem unendlichen Gewimmel der Sterne, das ins Verzeichniß gebracht werden soll, sich ergibt.

Die Methode für alle diese Untersuchungen beruht einzig auf der Vergleichung der in verschiedenen Epochen verfaßten Stern-Cataloge. Die Astronomie weist nach, wieviel Verwicklungen von Bewegungen, welche dem Standpunkt des Beobachters

der Erde selbst zukommen und also nach dem bekannten optischen Schein sich auf die Sterne übertragen, gelöst werden müssen, ehe diese Resultate — welche ohnedieß nur durch die Entfernung der Epochen einen entschiedeneren Werth erhalten — verläßlich werden. Schon Tycho Brahe hatte diese Vergleichung vorgeschlagen, und Halley sie später ausgeführt. Man nannte die aus der Vergleichung entstandenen oder sich ergebenden Veränderungen die eigene Bewegung der Sterne; indem man unentschieden ließ, ob sie wirklich oder wahrhaft, oder nur optischer Schein sey, von der Bewegung der Sonne — in welcher sie alle ihre Planeten mit sich führt — und andern ähnlichen entstanden; und das Bild vom Walde, in dem sich ein Mensch bewegt, ward in Umlauf gesezt; es däucht diesem die Bäume bewegen sich an einander vorüber, die näheren am schnellsten; die vor ihm liegenden nach seiner Richtung, auf eine entgegengesetzte Weise die anderen.

2) Herschel hat dem Begriff Stern eine allgemeine Bedeutung gegeben, wodurch besonders die Ansicht von der Distanz und Größe der Sterne sich berichtigt, indem er die Entdeckung und Ausmessung der Sternhaufen vollendete, andern Gesetzen der Distanzen und Stern-Größe unterworfen; indem er Sternhaufen mit überwiegendem Körper im Centrum entdeckte; endlich durch die Nachweisung der Doppel-Sterne; vielleicht ließ sich als eine absonderliche Form hieher auch der Stern-Ring setzen. Wenn von eigener Bewegung der Sterne also die Rede ist, müßten diese Unterschiede vielleicht beachtet werden.

Herschels erster Versuch *) die eigene Bewegung der Sterne mit der Bewegung der Sonne in Verhältniß zu setzen, ist eine frühe Frucht, wie es scheint, seines Vertrauens auf die Doppel-Sterne. Er theilt eben diese Doppel-Sterne in Zonen, um die künftige Veränderung, oder eigene Bewegung derselben, nach bestimmten Reihen zu verfolgen. „Wir haben," sprach er damals, „die größte Ursache auf glücklichen Erfolg in dieser Unternehmung zu hoffen, denn wenn ich nicht irre, wird sich eine säculäre (hundertjährige) scheinbare bloß von der Sonne abhängende Bewegung von innerm nicht unbeträchtlichem Werthe zeigen; vielleicht wird ein kürzerer Zeit-Raum hinreichen, um uns mit Bewegungen am Himmel bekannt zu machen, die wir nicht vermutheten." Er stellte auch vollständig die Verwicklung des Problems dar. Der Einfluß so vieler Umstände ist nicht bloß schwer zu trennen, sondern die Gesetze, nach denen wir sie fördern sollen, sind anfänglich ganz in unserer Willkür ehe wir einen Schritt in der Auflösung gethan. Die Entfernung der Sterne, die Bewegung der Sonne nicht bloß sondern vielleicht eines

*) Abhandlung v. J. 1783.

eines höhern Systems, dazu sie gehört, der verschiedenen Systeme, zu welchen vielleicht die uns sichtbaren Sterne gehören, sind die Momente, die hier in Betracht kommen, und die Richtung und Geschwindigkeit und das Veränderliche derselben. Herschel äußert auch wirklich den Gedanken, daß das Zusammentreffen von eigenen Bewegungen nach ganz verschiedenen Richtungen an irgend einer Stelle, uns auf Vermuthungen leiten könne, welche Sterne zu unserm System gehören welche nicht.

Die mathematische Grundzüge dieser scheinbar eigenen Bewegung der Sterne — bloß von der wirklichen Bewegung der Sonne herrührend — die er darum die Systems-Parallaxe nennt, hat er in einfacher Popularität entworfen. * 8)

Die Grundlage des ersten Versuchs sind — die von La Lande angegebene eigene Bewegung einiger Sterne erster und zweyter Größe, nach folgender Uebersicht:

	Gerad-Aufsteigung.	Abweichung.
Sirius . .	— 0′ 37″	— 52″
Castor . .	— 24	— 1
Procyon . .	— 33	— 47
Pollux . .	— 48	— 16
Regulus . .	— 0′ 41 nach Maskelyne.	
Arctur . .	— 1 11	— 1′55
Athair . .	+ 32	— 4
Albireo . .		
(ε) Schwan . .	+ 20	+ 34
Mesarthim . .	— 24	— 29
(ν) Zwillinge . .	— 8	— 24
Aldebaran . .	+ 3	— 18
(ν) Fische . .	— 8	— 24
(β) Schwan . .	— 3	+ 49

Es wird dann gezeigt, wie diese scheinbare Bewegung der angeführten Sterne, im Allgemeinen darin übereinstimmen, und dahin deuten, der Sonne eine wirkliche Bewegung gegen das Sternbild des Herkules, etwa gegen den Stern (λ) zu ertheilen. Denn da man von der Distanz dieser Sterne und von ihrer doch wohl auch anzunehmenden wirklichen Bewegung keine Kunde hat, so läßt sich, insbesondere über die Größe an sich nichts bestimmen. Die Annahme wird dann durch einige Bemerkungen unterstützt. Arctur und Sirius haben die größte eigene Bewegung; sie sind auch die hellsten, wahrscheinlich also auch die uns nächsten Sterne. Die übrigen Sterne stimmen in der Größe ihrer eigenen Bewegung auch mit dem Prinzip, daß sie unter sich in verschiedener Entfernung sind. Sehr merkwürdig ist Castor und Pollux; obgleich beyde in derselben Himmels-Gegend liegen, so hat doch der erstere eine viel kleinere Bewegung. Der Grund ist weil er eigentlich kleiner ist als Pollux und nur darum ihm am Glanze gleich ist, weil er

ein Doppel-Stern ist; setzt man ihn eben weil er für sich allein kleiner ist, in eine größere Entfernung, so muß er allerdings eine fast noch einmal so kleine scheinbare Bewegung haben; wie auch die Beobachtung bestätigt. Aus der Bewegung Arcturs und dem angenommenen Maasstab der Sirius-Weite folgert dann Herschel daß die Bewegung der Sonne nicht geringer seyn kann als die welche die Erde in ihrer jährlichen Bahn hat.

In einer Nachschrift werden sodann die von Tobias Mayer bekannt gemachten eigenen Bewegungen mit der Hypothese verglichen; die Mehrzahl der Sterne ist ihr günstig. Eine auffallende Erscheinung, daß die erster Größe, Vega, Rigel nur geringere Spuren von eigener Bewegung so wie Beteigenze und (α) im Schlangenträger zeigen; dieß stimmt nach Herschel mit ihrer Lage gegen den Punkt wohin die Sonnen-Bewegung gerichtet ist, ziemlich überein.

3) Dieser erste Versuch gründete sich zunächst auf das Prinzip, diejenige Bewegung der Sonne anzunehmen, welche mit den meisten der beobachteten scheinbaren Bewegungen der Hauptsterne erster und zweyter Größe übereinstimmt. In der zweyten größern Abhandlung — die sich auf Maskelynes Beobachtungen * 9) von 36 Fundamental-Sternen gründet — sind umfassendere Rücksichten genommen, die scheinbare und wirkliche Bewegung werden mit einander gegenseitig verbunden, eine gleiche Vertheilung der Geschwindigkeiten beabsichtigt, die mögliche physische Ursache dieser Erscheinungen angedeutet.

Die Wirklichkeit der Bewegung, welche die Sonne haben soll — denn ihre Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit aus den durch nichts aufgehaltenen Attractions-Kräften, aus der überall ersichtlichen Verbindung rotatorischer und progressiver Bewegung zu folgern, ist leicht — sucht er aus den Veränderungen, die sich an Doppel-Sternen begeben, aus der Bedeckung eines Sterns durch einen andern — indem unsere Bewegung mit der Sonne im Welt-Raum uns gerade in eine gerade Linie mit jenen Sternen geführt hat, — aus der übereinstimmenden Bewegung vieler größern Sterne, die also eine gemeinschaftliche Ursache voraussetzt, zu erklären.

Wären die beobachteten eigenen Bewegungen in der That bloß scheinbare, von der Bewegung der Sonne nach irgend einem Punkt des Himmels herrührend, eine bloß parallaktische, so müßten sich die Bahnen welche die Sterne zu beschreiben scheinen, alle in einem einzigen Punkte durchscheinen; und dieß wäre der Punkt, nach welchem die Sonne sich hinbewegte. Sind sie aber außerdem noch in wirklicher Bewegung, so werden sie sich nicht genau in jenem Punkte schneiden; welches dann von der Richtung ihrer eigenen Bewegung und dem Verhalten gegen die Richtung der Sonnen-Bewegung herrührt. — Nun stellt Herschel das Prinzip auf, die wirklich eigene Bewegungen können unter die Sterne vertheilt seyn auf alle mög-

mögliche Weise, unter große und kleine; weil wir den physischen Grund nicht wissen, sind wir genöthigt dieß anzunehmen; dagegen erlaubt oder fordert die Analogie der Stern-Natur, daß wir die helleren Sterne für die näheren halten, und also an ihnen die scheinbare eigene Bewegung am meisten gewahren.

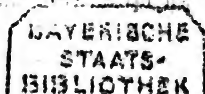
Sofort gibt folgende Tafel die Durchschnitts-Punkte der verschiedenen Bahnen der Sterne erster Größe mit einander.

Durchschnitts-Punkte der Sternbahnen
in Folge der eigenen Bewegung.

Sterne.	Ger. Aufst.	Polardistanz des Durchschnitts-punkts.
Sirius und Arctur	255. 39. 50	36. 41, 34
— — Capella	275. 9. 32	64. 21. 48
— — Leyer	272. 23. 58	58. 23. 24
— — Aldebaran	263. 25. 38	44. 39. 47
Arctur — Capella	290. 0. 58	32. 7. 23
— — Aldebaran	267. 2. 19	33. 57. 20
— — Procyon	235. 3. 13	46. 21. 34
Capella — Procyon	272. 51. 49	73. 7. 56
Leyer — Procyon	266. 46. 49	66. 48. 41
Aldebaran und Procyon.	260. 1. 29	60. 59. 34

Diese Durchschnitts-Punkte liegen ziemlich nach einer Gegend des Himmels, im Sternbilde des Herkules; verbindet man damit die 3 Sterne (β) Stier, (α) Andromeda, und (α) Widder, so ergeben sich 15 neue Durchschnitts-Punkte, welche mit den vorigen gleichfalls übereinstimmen. „Ein Beweis wie dieser, gegründet auf die höchst authentischen Beobachtungen, unterstützt durch die genauesten Rechnungen, kann nicht anders als überzeugen." Demnach hält Herschel die Richtung der Sonnen-Bewegung im Allgemeinen für entschieden: der Beweis verstärkt sich noch dadurch, daß er in mehr als 28 Doppel-Sternen eine Bewegung nach derselben Richtung bemerkt hat.

Es ist nun übrig, genauer den Richtungs-Punkt anzugeben; Herschel sucht ihn durch Einführung eines zweyten Prinzips zu bestimmen, welches so lautet: Man muß den Punkt wählen, für welchen die Summe der eigenen wirklichen Bewegung (welche die Sterne außer der parallaktischen noch haben müssen, weil ihre Bahnen sich nicht in Einem Punkt durchschneiden) der Sterne sein Kleinstes wird. Es entsteht ein Dreyeck, welches die drey Bewegungen: die wirkliche eigene — die parallaktische — die beobachtete scheinbare (letztere aus den zwey erstern zusammengesetzt) in sich faßt. Die Berechnung dieses Triangels gibt, da die Richtungs-Linie gewählt und die beobachtete Bewegung gegeben ist, die wirklich eigene; es werden wegen des Minimums rechtwinkliche Dreyecke entstehen.



Folgende Tafeln stellen die Resultate der Berechnungen dar:

Data aus der beobachteten scheinbaren Bewegung.

Namen.	Winkel mit Parallel.				Größe der eigenen Bewegung jährlich.
Sirius	68.	49.	48″,7	SW	1,11528
Arctur	55.	29.	42,0	SW	2,08718
Capella	71.	35.	22,4	SO	0,46374
Wega	56.	20.	57,3	NO	0,32435
Aldebaran	76.	29.	37,3	SO	0,12341
Procyon	50.	2.	24,5	SW	1,23941

Summe der scheinbaren Bewegung 5,35337

Erste Hypothese. Die Sonne bewegt sich nach (λ) Herkules.

Namen.	Winkel der parallaktischen Bewegung mit Parallel.				Winkel der parallakt. und scheinbaren Bewegung.				Kleinste Größe der wirklichen eigenen Bewegung.
Sirius	32.	54.	8″,5	SW	35.	55.	32,2	SO	0,65437
Arctur	17.	23.	45,7	SW	38.	5.	56,3	SO	1,28784
Capella	85.	10.	3,9	SO	13.	34.	41,5	SO	0,10887
Wega	35.	59.	49,5	NW	20.	21.	7,8	NW	0,11281
Aldebaran	71.	21.	35,4	SO	5.	8.	1,9	SW	0,01104
Procyon	47.	43.	44,6	SW	2.	18.	39,9	SO	0,04998

Summe der wirklichen Bewegung 2,22491

Zweyte Hypothese. Die Sonne bewegt sich gegen einen Punkt dessen Geradaufstehung 270° 15′, und Nord-Polardistanz 54° 45′

Sirius	68.	51.	5	SW	0.	1.	25	SW	0,0004561
Arctur	29.	30.	32	SW	25.	59.	10	SO	0,9145072
Capella	77.	54.	0	SO	6.	18.	38	SO	0,0509727
Wega	27.	58.	47	NO	28.	42.	9	NW	0,1557761
Aldebaran	66.	20.	17	SO	10.	9.	21	SW	0,0217607
Procyon	64.	48.	27	SO	14.	46.	1	SW	0,3159051

Summe der wirklichen Bewegungen 1,4593779

Dritte Hypothese. Die Sonne bewegt sich gegen einen Punkt dessen Geradaufstehung 245° 52′ 30″ und NPolardistanz 40° 22′.

Sirius	58.	24.	56	SW	10.	24.	44	O	0,20157
Arctur	55.	29.	45	SW	0.	0.	3	W	0,00003
Capella	83.	44.	17	SW	24.	40.	21	O	0,19358
Wega	36.	28.	33	SO	92.	49.	30	O	0,32396
Aldebaran	89.	48.	55	SW	13.	18.	58	O	0,02842
Procyon	59.	43.	10	SW	9.	40.	46	W	0,20839

Summe der wirklichen Bewegungen 0,95595

4) Nachdem der Richtungs-Punkt auf diese Weise entschieden, also auch der Mittelpunkt aller parallaktischen Bewegung, sucht Herschel die wirkliche Geschwindigkeit der Sonnen-Bewegung, und daraus auch die der Sterne zu bestimmen. Die Lösung dieses noch schwierigern Problems fordert Annahmen über die relativen Distanzen der Sterne, und ein neues Prinzip

über die Wahl der größten und kleinsten Geschwindigkeiten, sowohl bey den Sternen als bey der Sonne. Dieß ist um so verwickelter, da der Winkel, welchen die wirklich eigene, oder auch parallaktische Bewegung, mit der Gesichts-Linie nach dem Stern macht, uns unbekannt ist; und wir die Bahn desselben kreisförmig, oder diesen Winkel als einen rechten annehmen; oder (welches eins ist) auch diejenige wirkliche Bewegung, welche gerade die kleinste wäre, die sich aus der beobachteten ergibt. Das Prinzip, das Herschel aufstellt, entgegnet zum Theil dieser Schwierigkeit. Er verlangt nämlich, daß die Geschwindigkeit, welche man der Sonne ertheilt, entweder streng ein arithmetisches Mittel der übrigen Geschwindigkeiten, oder doch in der Mitte zwischen den äußersten liegen müsse; und daß zugleich die secondäre Rücksicht genommen werde, die Gränze der größten und kleinsten Bewegungen bey den Sternen nicht zu weit aus einander zu legen.

Er macht dem gemäß zuerst drey Hypothesen über die Bewegung der Sonne, folgert daraus die parallaktischen, unter Voraussetzung einer bestimmten Distanz der Sterne und dem angenommenen Richtungs-Punkt der Sonne. Welches nun zuerst die Wahl für die Bewegung nach den obigen Prinzipien leitet. Dieß vorläufige Resultat stellt sich in folgender Tafel dar:

Tafel über die parallaktische und wirklich eigene Bewegung der 6 Hauptsterne, und ihre Geschwindigkeit für drey Hypothesen über die Bewegung der Sonne, und angenommene Distanz derselben von der Sonne.

Sterne und relative Distanz.	Scheinbare beobachtete Bewegung.	Bewegung der Sonne.	Parallaktische Bewegung.	Wirkliche eigene Bewegung.	Geschwindigkeit.
Sirius 1,00	1″,11528	1,0	0,67768	+0,46518	465175
		1,5	1,01652	+0,21701	217007
		2,0	1,35536	—0,32776	327775
Arctur 1,20	2,08718	1,0	0,53579	+1,57389	1838670
		1,5	0,80368	+1,30478	1565735
		2,0	1,07158	+1,01561	1218736
Capella 1,25	0,46374	1,0	0,79593	—0,42159	526987
		1,5	1,19390	—0,79637	995465
		2,0	1,59186	—1,18662	1483270
Lyra 1,30	0,32435	1,0	0,32542	—0,47065	611839
		1,5	0,48812	—0,59923	778995
		2,0	0,65089	—0,74135	963750
Aldebaran 1,40	0,12341	1,0	0,65117	—0,53208	744913
		1,5	0,97676	—0,85737	1200324
		2,0	1,30234	—1,18283	1655967
Procyon 1,40	1,23941	1,0	0,66394	+0,59548	833665
		1,5	0,99591	+0,30731	430227
		2,0	1,32788	—0,23385	327890

Der Punkt des Himmels, nach welchem sich die Sonne bewegt, oder das parallaktische Centrum (wie es Herschel nennt) ist wie oben bestimmt; nähmlich Geradaufsteigung 245 Grad 52′ 30″; Polardistanz 40 Grad 22′.

Das Resultat fortgesetzter Berechnungen, um den oben aufgestellten Bedingungen und Prinzipien zu entsprechen, ist in folgenden zwey Tafeln enthalten.

Tafel I.

Resultate aus den Maskelyneschen Beobachtungen über die scheinbare (eigene) Bewegung der 36 Fundamental-Sterne, unter Voraussetzung relativer Distanzen derselben von der Sonne, und einer wirklichen Bewegung der Sonne gegen den Punkt des Himmels von Geradaufstehung 245. 52. 30 und Polardistanz 40° 22.

Namen.	Distanz.	eigene Bewegung.	Richtung gegen den Parallel.	Richtung gegen die parallaktische Bewegung.	Geschwindigkeit.
		″	° ′ ″	° ′ ″	
Sirius	1,00	1,11528	68. 49. 40,7 SP	10. 24. 44,3 SF	1115281
Arctur	1,20	2,08718	55. 29. 42,0 SP	0. 0. 3 SP	2504621
Capella	1,25	0,46374	71. 35. 22,4 SF	24. 40. 21 SF	579668
Lyra	1,30	0,32435	56. 20. 57,3 NF	92. 49. 30 NF	421657
Rigel	1,35	0,16273	79. 29. 33,9 NP	159. 28. 1 NP	219684
(α) Orion	1,35	0,13038	85. 38. 14,6 NF	169. 18. 58 NP	176010
Procyon	1,40	1,23941	50. 2. 24,5 SP	9. 40. 46 SP	1735172
Aldebaran	1,40	0,12341	76. 29. 37,3 SF	13. 41. 48 SF	172778
Pollux	1,42	0,65037	0. 0. 0 P	61. 30. 34 SP	925523
Spica	1,44	0,19102	84. 5. 1,8 NP	144. 13. 16 NP	275065
Antares	1,46	0,26000	90. 0. 0 N	178. 57. 41 NP	379600
Altair	1,47	0,71912	48. 40. 12 NF	103. 17. 29 NF	1057105
Regulus	1,48	0,22886	20. 27. 37,5 NP	70. 9. 20 SP	338711
(β) Löwe	1,50	0,55324	7. 16. 8,4 SP	40. 34. 31 SP	829856
(β) Stier	1,50	0,10039	84. 58. 27,1 SF	13. 17. 11 SF	150579
Fomelhaut	1,50	0,30698	11. 16. 16,3 NF	16. 47. 5 SF	460469
(α) Schwan	1,60	0,06440	27. 45. 56,3 NP	177. 31. 39 NP	103036
Castor	2,00	0,13294	17. 30. 40,6 SP	45. 25. 43 SP	265869
(α) Ophiuch	2,00	0,07698	40. 50. 24,8 SF	33. 29. 28 SF	153955
(α) Krone	2,00	0,23279	7. 24. 15,4 SF	105. 0. 43 NF	465587
(α) Wassermann	2,00	0,20615	67. 10. 17,1 NP	162. 43. 46 NF	412295
(α) Andromeda	2,00	0,09268	40. 20. 48,2 SF	12. 55. 11 SF	185360
(α) Schlange	2,00	0,21913	60. 7. 12,5 NF	161. 34. 4 NF	438257
(α) Pegasus	2,00	0,18917	72. 5. 16,0 NP	157. 45. 25 NF	378338
(α) Hyder	2,30	0,16598	57. 30. 24,8 NP	107. 6. 24 NP	381763
(α)″ Wage	2,40	0,18376	54. 42. 52,9 NP	127. 3. 7 NP	441022
(γ) Pegasus	2,50	0,17355	59. 48. 7,9 NP	174. 5. 15 NF	431880
(α) Widder	2,50	0,11587	37. 9. 15,9 SF	29. 32. 47 SF	289685

Namen.	Distanz.	eigene Bewegung.	Richtung gegen den Parallel.	Richtung gegen die parallaktische Bewegung.	Geschwindigkeit.
(α) Wallfisch.	2,80	0,14406	33. 41. 2,9 NP	141. 18. 55 NP	483556
(α) Herkules	3,00	0,23000	90. 0. 0 N	168. 23. 41 NF	690000
(β) Jungfrau	3,00	0,77706	17. 59. 25,5 SF	111. 11. 44 NF	2331169
(γ) Adler	3,00	0,19320	55. 54. 41,7 NP	178. 25. 20 NF	579589
(α)″ Steinbock	3,50	0,26452	79. 23. 55,3 NF	136. 21. 18 NF	925819
(β) Adler	4,00	0,35127	85. 7. 37,0 SP	39. 49. 15 SP	1405709
(α)′ Steinbock	4,20	0,28000	90. 0. 0 N	146. 59. 44 NF	1176000
(α)″ Waage	6,00	0,20898	59. 27. 58,4 NP	131. 46. 7 NP	1253875

Tafel II.

über die parallaktische und wahre (eigene) Bewegung, und der letztern Winkel mit der parallaktischen, und die Geschwindigkeit derselben, unter den Voraussetzungen der Tafel I., und der Annahme einer jährlichen Geschwindigkeit der Sonne 1,″116992.

Sterne.	Parallaktische Bewegung.	Wahre Bewegung.	Winkel mit der parallaktischen.	Geschwindigkeit.
	″	″	° ′ ″	
Sonne	0,00000	1,116991	0 0 0	1116992
Sirius	0,75697	0,395212	149 20 6 SF	395212
Arctur	0,59847	1,488713	179 59 55,7 SP	1786455
Capella	0,88905	0,506123	22 19 12,5 NF	632654
Lyra	0,36349	0,498949	40 29 14 NF	648634
Rigel	0,55470	0,709381	4 36 52 NP	957665
α Orion	0,71410	0,842559	1 38 38 NP	1137455
Procyon	0,74161	0,523428	156 32 21 SP	732799
Aldebaran	0,72736	0,608148	2 45 15 NF	851407
Pollux	0,78643	0,743971	50 12 11 NP	1056439
Spica	0,74009	0,902004	7 6 44 NP	1298886
Antares	0,74110	1,000835	0 16 10,5 NP	1461219
Altair	0,64511	1,071042	40 48 1 NF	1574431
Regulus	0,75095	0,706833	17 43 58 NP	1046115
β Löwe	0,68003	0,443842	54 10 14,5 NP	665763
β Stier	0,73065	0,633317	2 5 15,5 NF	949976
Fomalhaut	0,66695	0,383414	13 22 5,5 NF	575121
(α) Schwan	0,46516	0,529508	0 18 2,2 NP	847204
Castor	0,55841	0,974647	11 30 32 NP	949293
(α) Ophinchus	0,35202	0,290934	8 28 43 NF	581869
(α) Krone	0,23427	0,370580	37 21 17 NF	741160
(α) Wassermann	0,55748	0,756754	4 38 19,5 NF	1513508
(α) Andromeda	0,55389	0,464035	2 33 34 NF	928071
(α) Schlange	0,38655	0,598158	6 38 54 NF	1196917
(α) Pegasus	0,55567	0,734265	5 35 47,5 NF	1468530

Namen.	Parallaktische Bewegung.	Wahre Bewegung.	Winkel mit der parallaktischen.	Geschwindigkeit.
(α) Hyder	0,46554	0,538821	47 8 26 NP	1238064
(α'') Waage	0,43377	0,563829	15 4 29 NP	1355342
(γ) Pegasus	0,44540	0,618272	1 39 27 NF	1545679
(α) Widder	0,43893	0,342934	9 35 29,5 NF	857336
(α) Wallfisch	0,33271	0,454165	11 26 5,5 NP	1271662
(α) Herkules	0,21909	0,446795	5 56 38,5 NF	1340388
(β) Jungfr.	0,56039	0,967572	18 29 2,5 NF	2902716
(γ) Adler	0,50898	0,502168	0 36 25 NF	1506503
(α'')Steinbock	0,31390	0,537285	19 51 52,5 NF	1880497
(β) Adler	0,24370	0,226458	96 36 59,5 SP	905830
(α') Steinbock	0,26151	0,519230	17 4 54,5 NF	2180769
(α') Waage.	0,17347	0,349371	26 29 44,5 NP	2096229

Die Bemerkungen, welche Herschel über diese Ergebnisse, theils der unmittelbaren Beobachtung, theils der geregelten Hypothesen macht, heben sich nach folgenden Momenten heraus:

Von 21 Sternen sind (laut der ersten Tafel Colonne 4) 17 mit einer nördlichen Bewegung in den Raum von 76 Graden zusammengedrängt. Wenn dieß Resultat der Beobachtung wirkliche Bewegung zeigte, so wäre es offenbar einem gemeinschaftlichen Drang, Zug nach jener nördlichen Gegend zuzuschreiben, und da wir auch die Sonne unter die Sterne rechnen, so werden wir ihr füglich dieselbe Richtung geben können.

Auffallend dagegen ist, daß unter den Geschwindigkeiten solch ein großer Unterschied statt findet, und gar keine Gesetzmäßigkeit in Beziehung auf Distanzen, wie dann Arctur und Procyon und (β) Jungfrau die schnellsten sind (S. die Colonne 6 der ersten Tafel) dieß sind nur die scheinbaren Geschwindigkeiten, unter der Voraussetzung einer Kreisbewegung, oder wie oben gesagt, daß unsere Gesichts-Linie auf der scheinbaren, (durch Beobachtung gefundenen) Bewegungs-Linie senkrecht sey.

Vergleicht man die Ablenkung dieser scheinbaren Kreise gegen den parallaktischen Kreis (Taf. I. Colonne 5) den sie in Folge der Sonnen-Bewegung beschreiben würden, wenn sie keine wirkliche eigene Bewegung hätten, so ergibt sich allerdings auch hier eine Zusammendrängung um die Sonne, wiewohl einige Sterne zu beyden Seiten eine viel größere Wurfsbewegung haben; woraus sich ergeben mag, daß die wirkende Kraft sich nicht in ihrer Richtung befindet.

Endlich ist die Richtung und Geschwindigkeit einiger der Haupt-Sterne nicht zu übersehen. Rigel, Betelgeuze, Antares, Spica bewegen sich nach derselben Richtung wie die Sonne, aber mit großer Langsamkeit. Andere dagegen, wie Arctur, Procyon, Sirius bewegen sich mit großer Geschwindigkeit nach entgegengesetzter Richtung, so wie Aldebaran äußerst langsam.

Eben diese Anomalien werden ausgeglichen, wenn man der Sonne die passende Geschwindigkeit gibt, wie in der Tafel 2 geschehen. Es ist unwahrscheinlich und schwer anzunehmen, daß gerade die größten Sterne die kleinste Bewegung haben sollen. Dieß Räthsel muß die Bewegung der Sonne lösen; so wie die Zusammendrängung der Sterne dadurch muß gedeutet werden, und die entgegengesetzten Richtungen und Abweichungen.

Gibt man wirklich der Sonne die Geschwindigkeit 1″,116992, so wird gemäß der Tafel 2 diesen Anomalien abgeholfen, zugleich die Vertheilung der Geschwindigkeit — der wirklichen Bewegung entsprechend — unter die Sterne gleichförmiger, und die Geschwindigkeit der Sonne hält das Mittel. Würde die Geschwindigkeit der Sonne 1,26623 angenommen, so würde Betelgeuze eine ihr gleiche erhalten, und 17 Sterne eine größere und 19 eine kleinere, wenn nur eine Aenderung von 0,01 angenommen wird. Setzt man dagegen die Sonnen-Bewegung 0,967754 so wird Pollux eine ihr gleiche haben, und eine Veränderung von nicht mehr als 0,01 wird 19 Sternen eine größere und 17 eine kleinere geben. Die in der Tafel angenommene fällt zwischen beide.

Die Uebereinstimmung*) so vieler Sterne, was ihre wirkliche, Bewegung betrifft, in ihrer Richtung mit der Sonne, ist merkwürdig; „wenn wir etwa 10 Sterne ausnehmen, so ist deutlich, daß die übrigen alle durch gleichen Einfluß getrieben werden, um mit der Sonne sich nach einer Richtung als getreue Begleiter nach derselben Himmels-Gegend zu begeben.“

5) Dieser gemeinschaftliche Einfluß, und seine Ursache leitet Herschel zu einigen allgemeineren Betrachtungen. Er nimmt nur zwey wirkende Kräfte am Himmel an; die Wurfs-Kräfte, und die allgemeine Schwere. In unserm Planeten-System sind entschieden die Wurfs-Kräfte nach einerley Richtung wirksam; Cometen, Planeten, Trabanten stimmen darin überein.

Attraktive Kräfte einzelner Sterne gegen einander sind zu unmächtig, um solche Bewegungen hervorzubringen, wie wir sie bey den obigen Betrachtungen gefunden haben. Die vereinte Sirius- und Sonnen-Masse würde, nach den Gesetzen der Attraktion wirkend, in einem Jahr nur um den 5000 Million Theil einer Sekunde die Sonne gegen sich ziehen; (so groß würde nämlich der Raum, senkrecht von einer Sirius-Weite aus betrachtet, erscheinen). Eben so ergibt sich, daß wenn Arctur und Sonne ein Doppel-Stern wäre, nicht weniger als 102 Jahre erfordert würden, um den Bogen einer Sekunde zu durchlaufen. Solche einzelne Wirkungen erklären auch die Gleichförmigkeit in dem Zug der Sterne nicht.

Ein sehr fernes und mächtiges Centrum der Anziehung, das sich eben darum über einen großen Raum, über eine ganze Gruppe

*) S. Analyse der Kupfer, II. Buch. 1. Tafel.

von Sternen verbreitet, muß man als wirksam annehmen. Einen übermächtigen, an Masse ungeheuren Körper, der dieß bewirkt, herbeyzurufen ist um so mehr willkürlich, da wir keinen dergleichen sehen. Ein Sternhaufen, oder die vereinigte Kraft mehrerer, oder das vereinigte Gedränge vieler Millionen Sterne wie in der Milchstraße, welche von ungeheurer Ferne wirkt, ist das Passendste; und Herschel ist geneigt, die zwey Sternhaufen, die nur 12 Grade von einander entfernt liegen, der eine von Halley entdeckt, der nach Herschels Beobachtung wohl über 40000 Sterne enthält, der andere von Messier, der noch gedrängter und kleiner darum erscheint, vorzuschlagen; sie liegen ungefähr in der Richtung der Sonnen-Bewegung. Wahrscheinlich wird daraus, daß die Sonne sammt dem Sternenheer einen umkreisenden Lauf in bestimmter Bahn um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt vollende. Und dann ist, wenn einmal Wurfs-Bewegungen da sind, die Lage des übermächtigen Centrums gleichgültig.

6) Dieß ist der erste Versuch, durch Aufstellung bestimmter Prinzipien die bis jetzt bekannten Beobachtungen, über die eigene Bewegung der Sterne, in ein systematisches Ganze zu vereinigen. Wenn man nicht die Entscheidung von Jahrtausenden abwarten will, so muß jeder Versuch, im Allgemeinen, nach ähnlichen Prinzipien sich richten. Wollte man die Folgerung, welche Herschel ans Ende seiner Untersuchung, an die Spitze stellen, so würde eine physische Hypothese das Ganze der Untersuchung leiten; woraus nach Berücksichtigung der Frage, ob all unser Sternenheer nur das Einzige System ausmachte — sich der Unterschied ergäbe, ob der Mittelpunkt des Ganzen innerhalb desselben liegt, — wie eines Sternhaufens Sterne sich um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt ihrer vereinigten Massen bewegen — oder außerhalb, wie ein System von Trabanten, das sich, ohne ihren Planeten, um eine fernere Central-Sonne dreht. In beyden Fällen würden sich die Unterschiede von näher und ferner dem Mittelpunkt ergeben; aber nur im ersten Fall ein diesseits und jenseits in Beziehung auf den Mittelpunkt; in diesem letztern Fall könnten Sterne gleich weit von uns entfernt seyn, und ihre mittlere wirkliche eigene Bewegung müßte verschieden angenommen werden, indem der dem Mittelpunkt nähere eine schnellere Bewegung haben müßte nach den Gesetzen der Attraktion; auch müßten nach der Analogie mit unserer Planeten-Welt die Richtungen gleich seyn; während sie im ersten Falle entgegengesetzt sind, und vollkommen hier die Erscheinungen der obern und untern Planeten sich zeigen müßten; man könnte oder müßte dann Sterne finden, deren einer in Opposition, der andere in Conjunktion mit dem Mittelpunkt der Attraktion wäre; die Linie durch diese Sterne müßte also durch diesen gehen, wobey dann die obere oder untere Conjunktion zu unterscheiden wäre. Daraus

ergibt sich, daß Herschels oben ausgeführte Methode, mit der Annahme blos mathematischer Prinzipien, einfacher in ihrem Gange ist.

Ueber den Einfluß der angenommenen Sonnen-Bewegung auf die Veränderungen in den Doppel-Sternen, und auf die Schlüsse über ihre wirkliche Parallaxe finden sich keine Betrachtungen. Da die scheinbare oder parallaktische Bewegung der Sterne sich umgekehrt wie die Distanz verhält von der Sonne, so folgte, daß, wenn im Aequator der Sonnen-Bewegung ein Doppel-Stern sich findet, dessen größerer Stern eine, und der kleinere 10 Sirius-Weiten entfernt ist, die Veränderung in 20 Jahren 20 Sekunden betragen müßte; ja nur bey einem Doppel-Stern vierter und fünfter Größe würde sie doch schon in demselben Zeit-Raum eine Sekunde betragen. Die Beobachtungen scheinen dieß nicht zu bestätigen, also auch der angenommene Maasstab, von Sirius-Weiten, ist, nach dieser Rücksicht, für die Ausmessung des Himmels, zu klein.

In diesem zweyten Buch wäre noch eine Untersuchung zu berühren von hoher Wichtigkeit, die sich an die Doppel-Sterne anschließt, nämlich die eigene Bewegung der Sterne in den Sternhaufen. Nach Herschel sind sie (nach dem ersten Buch §. IV.) in einem viel kleinern Maasstab gebaut, als unser System, viel gedrängter, vielmehr durch die Wirkung der Zeit zusammengehäuft. Ihre Bewegung, ihr wirkliches Umher-Kreisen um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt des Ganzen müßte wegen ihrer Nähe entschiedener sich zeigen, wenn sie nicht eine außerordentlich geringe anziehende Kraft beziehen, oder ihre Ordnung nur wenig Spuren veränderter relativer Stellung zuläßt. Aber von der Astronomie der Sternhaufen dämmert nur erst ein Anfang. Der Doppel-Sterne eigene Bewegung dagegen ist durch Castor an den Anfangs-Punkt einer großen Kette gestellt: bei deren weiterer Betrachtung ihr Anknüpfen an die Milchstraße sich herausheben muß.

Anmerkungen.

§. 1.

(*1) S. 61. Die Quellen dieses zweyten Buchs sind in folgenden Abhandlungen Herschels enthalten.

Für §. 1. 1791. Read Febr. 10. On nebulous stars properly So called (Gelesen den 10. Febr. 1791. Ueber eigentlich sogenannte Nebelsterne.)

1814. Read Febr. 24. Astronomical observations relating to the Sideral parts of the heavens, and its connection with the nebulons part, arranged for the purpose of a critical examination. (Gelesen am 24. Febr. 1814. Astronomische Beobachtungen betreffend den sternigen Theil des Himmels, und seine Verbindung mit dem nebligen Theil, angeordnet zum Behuf einer kritischen Untersuchung.)

§. 2.

1781. Decbr. 5. On the parallax of the fixed stars. (1781. den 5. Decbr. Ueber die Parallaxe der Fix-Sterne)

1782. Febr. 10. Catalogue of double Stars. (Verzeichniß von Doppel-Sternen.)

1784. Decbr. Catalogue of double Stars. (Verzeichniß von Doppel-Sternen. 2tes.)

1803. Jun. Account of the Changes, that have happened during the last 25 years in the relatife Situation of the double stars; with an investigation of the cause, to which they are owing. (Nachricht von den Veränderungen, die sich während der letzten 25 Jahre in der wechselseitigen Stellung der Doppel-Sterne begeben haben, sammt einer Untersuchung über die Ursache dieser Veränderungen.) 1804. Jun. 7. Continuation of the account of the changes that have happeand in the relatife Situation of the double stars. (Fortsetzung der Nachricht über die Veränderungen, welche sich in der wechselseitigen Stellung der Doppel-Sterne begeben haben.)

§. 3.

1780. May 11. Astronomical observations on the periodical Star in Collo Ceti. (Astronomische Beobachtungen über den veränderlichen Stern im Halse des Wallfisches.)

1791. Dec. 22. (Various observations) — on the periodical appearance of o Ceti. (Ueber die periodische Erscheinung des Sterns (o) Wallfisch. — Die Abhandlung findet sich im Jahrgang 1792 der philosophischen Transactionen. —

1796. Febr. 25. On the method of observing the changes, that happen to the fixed stars; with Some remarks on the stability of the light of the Sun; tho which is added a Catalogue of the comparative Brigthness, for ascertaining the permanency of the lustre of the stars. (Ueber die Methode, die Veränderungen, welche die Firsterne erleiden, zu beobachten; sammt einigen Bemerkungen über die Beständigkeit des Sonnen-Lichts; mit Beyfügung eines Verzeichnisses des relativen Sternglanzes, um den Bestand ihres Leuchtens zu vergewissern.)

1796. Jun. 9. On the periodical Star (a) Herculis, with Remarks tending to establish the rotatory motion of Stars onir the axis, tho which is added a Second Catalogue of the comparative brightness of the stars. (Ueber den periodischen Stern (a) Herkules; sammt Bemerkungen über die Feststellung der Axendrehung für die Stene; mit Beyfügung eines zweyten Verzeichnisses des comparativen Stern-Glanzes.)

1797. Mai 18. Athird Catalogue of the comparative Brightness of the stars; with introductory account of an Index of Mr. Flamsteads observations of the fixed stars, contained in the 2 d Volume of the Historia coelestis; to whichare added Several useful results, derived form the Index. (Ein drittes Verzeichniß des comparativen Stern-Glanzes; sammt einleitender Nachricht über einen Inder der Flamstead'schen Firstern-Beobachtungen im 2ten Band der Historia coelestis enthalten; beygefügt sind einige nützliche Ergebnisse aus diesem Inder.)

1799. Febr. 21. A Fourth Catalogue of the comparative Brightness of the stars. (Ein 4tes Verzeichniß des comparativen Stern-Glanzes.)

§. 4.

1783. March. 6. On the proper motion of the Sun and the Solar system; with an account of Several changes, that have happened among the fixed stars Since the time of Flamstead. (Ueber die eigene Bewegung der Sonne und des Sonnensystems; sammt Nachricht von den Veränderungen, die sich unter den Fix-Sternen seit Flamsteads Zeit zugetragen haben.)

1805. May 16. On the direction and Velocity of the Motion of the Sun and the Solar System. (Ueber die Richtung und Geschwindigkeit der Bewegung, welche die Sonne und das Sonnensystem haben.)

1806. Febr. 27. O the quantity and velocity of the Solar motion. (Ueber die Größe und Geschwindigkeit der Sonnen-Bewegung.)

Beschreibung der Nebel-Sterne.

(* 2) S. 64. 1) IV. 19. Oct. 16. 1784. Ein Stern ungefähr der 9ten Größe, umgeben mit milchigem Nebel oder Mähne, ungefähr 3 Minuten im Durchmesser. Der Nebel ist sehr zart, etwas gedehnt oder elliptisch, in der Richtung beynahe des Meridians, oder von NW nach SO. Die Mähne enthält einen kleinen Stern, der etwa 1½ Min. nördlich vom nebligen Stern ist; andere Sterne von gleicher Größe sind vollkommen frey von solcher Erscheinung.

2) IV. 20. Oct. 16. 1784. Ein kleiner Stern etwa der 11ten und 12ten Größe, sehr zart mit milchigem Nebel belegt. Andere Sterne derselben Größe sind ziemlich frey von dieser Erscheinung. Eine andere Beobachtung meldet: Fünf oder sechs kleine Sterne, im Raum von 3—4 Minuten, alle auf gleiche Weise sehr zart mit Nebel umgeben: es scheint, der Nebel sey um die Sterne herum etwas stärker. Eine dritte Beobachtung widerspricht vielmehr dieser Zunahme des nebeligen Scheins.

3) Jan. 6. 1785. Kl. IV. 24. Ein heller Stern, mit beträchtlicher milchiger Mähne; etwas gedehnt, 4 — 5 Min. lang und nahe 4′ breit: sie verliert sich unmerklich. Andere Sterne gleicher Größe sind vollkommen frey von dieser wichtigen Mähne.

4) Kl. IV. 25. Jan. 31. 1785. Ein ziemlich beträchtlicher Stern, mit einer sehr zarten, sehr kleinen, unregelmäßigen milchigen Mähne; andere Sterne gleicher Größe sind vollkommen frey von solcher Erscheinung.

5) Kl. IV. 33. Okt. 5. 1785. Ein Stern mit starkem Licht-Knäuel rings umher. Eine zweyte Beobachtung nennt ihn: Einen sehr hellen Kern, mit milchigem Nebel, von nicht großer Ausdehnung. Eine dritte vermuthet: der milchige Nebel gehöre zu mehreren gleichen, die über den ganzen Musterungs-Streif in dieser Gegend ausgebreitet sind. Dagegen sagt eine

vierte: Die milchige Nebligkeit ist viel stärker, als der nebelige Grund, auf dem sich der Stern befindet, erwarten läßt.

6) Kl. IV. 36. Ein Stern umgeben mit milchiger Mähne, der Stern ist nicht central. Eine zweyte Beobachtung nennt ihn umgeben mit sehr dünner ausgedehnter milchiger Mähne. Eine dritte meldet einen Stern mit milchiger Mähne.

7) Kl. IV. 32. Febr. 24. 1786. Ein beträchtlicher Stern mit sehr dünner milchiger Mähne.

8) Kl. IV. 44. Nov. 28. 1786. Ein Stern gehüllt in milchige Mähne.

9) Kl. IV. 45. Jan. 17. 1787. Ein Stern, mit einer ziemlich starken milchigen Nebligkeit, gleichförmig rings umher zerstreut; der Stern ist ungefähr 9ter Größe. Ein Memorandum zu der Beobachtung besagt, daß, als ich eben begonnen hatte, ich die Vermuthung hatte, das Glas sey mit Dunst belegt, oder das Auge nicht in Ordnung; doch eben jetzt war ein Stern 10ter—11ter Größe, gerade nördlich, frey von solchem Duft. Eine zweyte Beobachtung nennt ihn: eines der merkwürdigsten Phänomene, die ich jemals sah, und ähnlich meinem nördlichen planetarischen Nebel in ihrem Wachsthum (growing state).

10) Kl. IV. 52. Nov. 3. 1787. Ein heller Stern mit dünnem Nebel. Eine zweyte Beobachtung meldet von einem Stern 9ter Größe, und einem dünnen Nebel von sehr geringer Ausdehnung.

11) Kl. IV. 57. Vermutheter sterniger Nebel. Eine zweyte Beobachtung bestätigte, und nennt ihn einen sehr kleinen Stern gehüllt in äußerst dünnen Nebel.

12) Kl. IV. 58. Nov. 25. 1788. Ein Stern ungefähr 9ter Größe, umgeben mit sehr dünner milchiger Nebligkeit. Andere Sterne frey. Der Stern ist entweder nicht rund oder doppelt.

13) Kl. IV. 59. März 23. 1789. Ein heller, beträchtlich gut begränzter Stern, mit sehr dünner, kleiner, runder Mähne.

14) Kl. IV. 62. Apr. 14. 1789. Ein beträchtlicher, heller, runder Nebel; hat eine große Stelle in der Mitte von beynahe gleicher Helligkeit, doch etwas weniger hell gegen den Rand (scheint zur planetarischen Art zu gehören).

15) Kl. IV. 65. März 5. 1790. Ein ziemlich beträchtlicher Stern, 9ter—10ter Größe, sichtbar belegt mit sehr dünnem Nebel von geringer Ausdehnung rings umher, eine 300fache Vergrößerung zeigte den Nebel in noch größerer Ausdehnung.

16) Kl. IV. 68. März 19. 1790. Ein sehr heller Stern, mit einer kleinen, sehr dünnen Mähne, vollkommen rund. In niederer Lage, wo die Mähne schwer zu sehen wäre, möchte dieser Gegenstand den Schein eines schlecht-begränzten planetarischen Nebels 6, 8—10 Sek. im Durchmesser annehmen.

17) Kl. IV. 69. Nov. 13. 1790. Ein höchst sonderbares Phänomen. Ein Stern etwa 8ter Größe, mit einer zarten, leuchtenden Atmosphäre, von zirkelrunder Gestalt, und ungefähr 3 Min. im Durchmesser. Der Stern ist vollkommen im Centrum, und die Atmosphäre ist so verwaschen, dünn, und gleichförmig durchaus, daß gar keine Annahme statt finden kann, sie bestehe aus Sternen; noch kann Zweifel statt finden über die Verbindung zwischen der Atmosphäre und dem Stern. Ein anderer, weniger heller Stern, zugleich Gesichtsfeld, zeigte nichts dergleichen.

Messung der scheinbaren Durchmesser vom Stern Vega in der Leyer und Aldebaran im Stier.

§. 2.

(*3 S. 75.) Bei meinen öftern Messungen von Sterndurchmessern fand ich immer, daß sie desto geringer würden, je mehr ich vergrößerte. Diesen hellen

Stern Vega wählte ich nun bey der stärksten Vergrößerung, die ich anwenden konnte passender Weise, und nach dem größten Maasstab meines neuen Mikrometers. Mit einer Vergrößerung von 6450 (die ich durch Versuche mit einem bekannten Maasstab in bekannter Entfernung bestimmt hatte) betrachtete ich diesen Stern wenigstens 1/4 Stunde lang, damit das Auge sich dem Gegenstand anpassen möge; da ich durch Versuche und Erfahrungen gefunden hatte, daß auf diese Weise die Licht-Abirrung immer kleiner und kleiner erscheint, und in dem Teleskop, das ich bey dieser Gelegenheit gebrauchte, mit 460 bis 1500 oft gänzlich verschwindet, und eine sehr gut begränzte Scheibe, ganz rund, als scheinbarer Durchmesser zurück bleibt. Bey dieser Vorsicht war der Durchmesser des Sterns Vega vollkommen rund, und hin und wieder ganz frey von Strahlen, die aus ihm her ausfuhren. — (Aus der noch sehr glänzenden Erscheinung des Sterns bei dieser starken Vergrößerung, und einer ziemlich genauen vorläufig ungefähren Berechnung — gegründet auf die scheinbare Helligkeit, gesehen mit bloßem Auge, mit 227,460 und 6450facher Vergrößerung — glaube ich schließen zu können, daß der Stern bey nicht mehr als 6 Zoll Oeffnung eine 100,000fache Vergrößerung erträgt, vorausgesezt, daß wir sie hätten und anwenden könnten.) — Als ich demnach den Stern so deutlich sah, als ich nur erwarten konnte, maß ich seinen Durchmesser mit meinem neuen Mikrometer — bey einer Skale von 8,4428 Zoll auf eine Raum-Sekunde und fand 0,3553 Sekunden für den Winkel, unter welchem er erschien. (Niemand hatte ich an der Uhr, doch ich vermuthe, daß die Zeit seines Durchgangs durch das Gesichtsfeld — welches absichtlich bey so starker Vergrößerung unbegränzt gelassen worden, so groß als möglich — geringer als 3 Sekunden war.)

Der Stern Aldebaran hatte — im Meridian — einen Durchmesser von 1,″76 bey 460facher Vergrößerung, ein Mittel aus zwey Messungen, welche bis auf 0,″1 übereinstimmten; bey 932facher Vergrößerung war 1,″2, gleichfalls ein Mittel aus zwey vortrefflichen Beobachtungen, die auf 0,″13 überübereinstimmten. Die Scheibe war bey den Vergrößerungen vollkommen gut begränzt.

§. 2.

(*4) S. 76. Herschel hat bey mehreren Doppel-Sternen die Distanz sowohl nach direkten Messungen, als nach Schätzung in Durchmessern angegeben; daraus ließen sich die scheinbaren Durchmesser bestimmen, wenn man bey ungleichen Doppel-Sternen das Verhältniß beyder Durchmesser annehmen wollte. Indem ich den größern Durchmesser D setze und den kleinern d, so ergeben sich für die verschiedenen Sterne folgende Gleichungen, (bey 227facher Vergrößerung):

Klasse. Namen.	Unterschied der Sterne.	Gleichung für die scheinbaren Durchmesser in Sekunden.
II, 1. α Zwilling	Etwas ungleich.	3 D+d = 5,″156
II, 2. α Herkules	Sehr.	3 D+d = 4, 966
II, 7. ζ Wassermann	Gleich.	2,25 D+d = 4, 56
II, 8. ζ Krone	Beträchtlich.	4 D+d = 5, 468
II,12. α Fische	Beträchtlich.	3 D+d = 5, 123
II, 9. λ Orion	Beträchtlich.	3,5 D+d = 3, 8
II,13. μ Drache	Gleich	2,5 D+d = 4, 354
II,31. 56 Drache	Etwas	†3,8 D+d = 5, 01 (mit 460facher.)
II,33. Rigel	Aeußerst	3,5 D+d = 6, 5
II,75. 118 Stier	Etwas	3 D+0,5d = 4, 7
II,76. 63 Widder	Fast gleich	3,5 D+0,5d = 5, 7

Die Resultate stimmen im Allgemeinen unter sich und mit den obigen Note 1) angeführten überein.

(* 5 Blatt 59.) Die möglichen Formen von doppel, dreyfachen u. s. w. Sternen hat Herschel in der Abhandlung vom Jahr 1802 nach den Gesetzen der Attraktion entwickelt. Sie sind folgende:

Doppel-Systeme. Die Sterne sind gleich an Masse und bewegen sich in Einem Kreis herum, oder in zwey gleichen Ellipsen um den gemeinschaftlichen Brennpunkt. Die Massen sind ungleich. Die zwey Sterne bewegen sich in zwey concentrischen Kreisen, oder in zwey ungleichen aber ähnlichen Ellipsen die einen gemeinschaftlichen Brennpunkt haben. In allen Fällen befinden sich die beyden Sterne auf der geraden Linie durch den Mittelpunkt der Bewegung.

Ein dreyfaches System. Drey an Masse gleiche Sterne bewegen sich auf der Peripherie eines Kreises herum; oder in drey gleichen Ellipsen, die einen gemeinschaftlichen Brennpunkt haben. Zwey gleiche Massen bewegen sich in Einem Kreise oder zwey gleichen Ellipsen um gemeinschaftlichen Brennpunkt, ein dritter, an Masse kleinerer, oscillirt zwischen ihnen auf und nieder.

Ein vierfaches System. Vier gleiche Massen auf der Peripherie Eines Kreises umher, oder auf der Peripherie von vier gleichen Ellipsen, die Einen gemeinschaftlichen Brennpunkt haben. Zwey Paare, ungleich an Masse, bewegen sich auf zwey concentrischen Kreisen, oder zwey paar ähnlichen Ellipsen um gemeinschaftlichen Brennpunkt. Die vier Sterne liegen immer in einer geraden Linie, oder auf zwey geraden Linien, die einander senkrecht scheiden, im Mittelpunkt der Bewegungen. Drey gleiche Sterne bewegen sich in einem Kreise oder drey gleichen Ellipsen, ein vierter kleinerer oscillirt zwischen ihnen auf und nieder.

---

§. 3.

(* 6) Seite 88. Herschels Beobachtungen über den Stern Mira sind folgende:

1777. Okt. 20. Nicht sichtbar.

Dec. 18. Ungefähr da, wo ich vor 14 Tagen einen Schein vermuthete aber nicht überzeugt war; ungefähr so groß wie S, nicht so groß wie d.

1778. Jan. 26. Größer als S, kleiner als v.

1779. Sept. 18. sichtbar auf den ersten Blick.

Okt. 6. Aeußerst hell, größer als α und β. (Zu bemerken ist, daß β heller als α ist.)

Okt. 7. Vollkommen rund im Teleskop; der scheinbare Durchmesser, gut begränzt, voll, und sehr groß für einen Stern dieser Größe.

Okt. 19. Ein sehr düsteres, teleskopisches Sternchen geht in der Entfernung von 1′45,″16 voran. (Die Messung war äußerst schwierig wegen der Beleuchtung, und weil beyde Sterne nahe zu einerley Abweichung haben; doch mag sie bis auf 4′5″ genau seyn. Eine andere genügendere Messung gab 1′50,″47).

12. Uhr. Der Stern ist jezt in der Gegend des Meridians, und heller als α Widder.

Okt. 30. 9 Uhr. Der Stern hat immer zugenommen, und ist sichtbar größer als α Widder, obgleich eben jezt nicht im Meridian.

0. Uhr. Der Stern ist im Meridian; seine Größe hält ein Mittel zwischen Aldebaran und α Widder, sein scheinbarer Durchmesser im Fern-Rohr ist auch größer.

Nov. 2. Er hat immer noch an Glanz zugenommen. Er ist im Teleskop sehr voll und rund. 449fache Vergrößerung zeigt ihn sehr deutlich, der Abend war schön. (Meine gewöhnliche Vergrößerung ist 222.)

Nov. 20. Scheint so hell als vorhin, aber nicht heller.

Nov. 30. Hat beträchtlich abgenommen; kleiner als (β) doch größer als (α).

Dec. 4. So hell als (α) Entfernung des Sternchens 1′53,″437 und 1′50,″625; das Wetter ist so kalt, daß ich die zweyte Messung mit Mühe vollenden konnte; ich halte sie für zu klein. Die Nichtübereinstimmung ist Folge der Schwierigkeit, nicht des Mangels im Mikrometer.

1780. Jan. 4. Er hat sehr stark abgenommen. Ich maß die Distanz des Sternchens, der Abend war sehr ungünstig, demnach nur schwache Beleuchtung. Messung 1′45′,,937. Ich hielt sie für zu klein, konnte aber keine bessere erhalten.

Febr. 7. Unsichtbar dem bloßen Auge. Ich war nur wenig vorbereitet, längere Zeit ihn mit dem Teleskop zu beobachten; ich denke ein andersmal ihn finden zu können.

In den Miscellaneous observations v. J. 1792 findet sich Folgendes:

Der veränderliche Stern im Halse des Schwans sezt seinen Wechsel, wie gewöhnlich fort, doch mit einigen beträchtlichen Unregelmäßigkeiten des Glanzes.

Im Jahr 1779 übertraf er den Stern α Widder, so daß er den Aldebaran anstrebte, und verblieb in diesem Zustand einen vollen Monat.

1780 war sein höchster Glanz und wie δ Wallfisch,

1781 erreichte er ihn nicht,

1782 erreichte er die Helligkeit von β, und blieb so länger als 20 Tage,

1783 verschwunden nicht blos, wie gewöhnlich dem bloßen Auge, sondern war so vollkommen unsichtbar, daß ich ihn mit einem Teleskop nicht finden konnte, dem kein Stern 10ter Größe entgeht. Als er zunahm, erreichte er den Stern δ nicht.

1784 sah ich ihn blos von der 2ten Größe in einem 20füßigen Reflector, da ich aber nicht regelmäßig die Beobachtungen fortsezte, mag er wie gewöhnlich seinen Wechsel gehabt haben.

1789 erreichte er die Helligkeit von α Fische, oder übertraf sie noch,

1790 sein größter Glanz war gleich α Wallfisch.

Herschel nimmt sodann an, daß vom 13. August 1596, wo Fabricius den höchsten Glanz des Sterns beobachtete und bis zum 21ten Oct. 1790, abermals dem Zeitpunkt seines höchsten Glanzes, 214 Perioden seines Wechsels verflossen seyen; dieß gibt eine Periode von 331 Tagen 10 Stunden 19 Minuten. Man müsse dabey allerdings, um alle Beobachtungen in Uebereinstimmung zu bringen, zufällige Abweichungen in den Erscheinungen des Sterns annehmen, die bis auf einen Monat gehen. Die Höhe 21ten Oct. 1790 hält Herschel für passender zu Grunde zu legen, als die vom Jahr 1779, wo der Stern solch einen glänzenden Lichtzustand annahm; dieser hatte wahrscheinlich unregelmäßige Ursachen.

§. 3.

(* 7) Seite 88. Herschels Beobachtungen über den Licht-Wechsel von (Fl. 64) α) Herkules, verglichen mit (κ) (Fl. 27) Ophiuchus. S. Jahr 1796.

§. 4.

(* 8) Seite 95. (2) Ihrer Einfachheit wegen soll hier die Darstellung Herschels von dem Einfluß der Bewegung der Sonne auf die scheinbare eigene Bewegung der Sterne, oder die sogenannte systematische Parallaxe, stehen, wobey immer sehr kleine Winkel vorausgesezt werden.

Die Sonne ist in S; die Sterne sind umherzerstreut in s, s, s; die Sonne bewegt sich in der Richtung AB, und ist nach C gekommen; die Sterne, welche vorher in der Richtung a, a, a gesehen wurden, erscheinen jezt in der Richtung von b, b, b, sie scheinen sich alle von dem Punkte B entfernt zu haben. Aus der Figur ergeben sich folgende Säze:

1) Die größte oder totale systematische Parallaxe fällt auf die Sterne, welche sich auf der Linie DE, der senkrechten auf der Richtung der Sonnen-Bewegung befinden.

2) Die partielle systematische Parallaxe irgend eines andern Sterns wird sich zu der totalen verhalten, wie der Sinus des Winkels B S a zum Radius.

3) Die Parallaxe für Sterne in verschiedener Entfernung von der Sonne wird umgekehrt wie diese Entfernung von der Sonne.

(* 9) Seite 96. Herschel gründet seine Theorie von der eigenen Bewegung der Sonne und der Sterne vorzüglich auf 24 größere von den 36 Fundamental-Sternen. Folgende Tafel enthält die jährliche scheinbare (eigene) Bewegung derselben, sammt der Lage ihrer Bahn gegen den Aequator (berechnet aus dem Winkel derselben mit dem Parallel, wie ihn Herschel angegeben hat).

Namen.	Eigene Bewegung in ger. Aufsteigung in Zeit.	Eigene Bewegung in Polar-Distanz	Knoten Aufsteigende	Knoten Niedersteigende.	Neigung der Bahn.
(α) Schwan	— 0,005	—0,03	1.°57,6	190.57,6	129 4,3
Arctur	— 0,004	+1,72	18.°30,4	198.30,4	57.53,3
Fomalhaut	+ 0,023	—0,06	50. 35,2	230.35,2	32.28,8
Rigel	— 0,002	—0,16	74. 55,5	254.55,5	10.23,3
(α) Onion	+ 0,001	—0,13	85. 48,6	265.48,6	85.40,3
(α) Krone	+ 0,017	+0,03	126. 0,1	306. 0,1	28.15,2
(α) Ophiuch	+ 0,004	+0,05	149.59,9	329.59,9	42. 7,4
Regulus	— 0,015	—0,08	180.39,7	0.39,7	155.56,8
Spica	— 0,001	—0,19	197.5,48	17.54,8	95.46
Pollux	— 0,049	—0,00	203.35,1	23.35,9	151. 3 1
(α) Andromeda	+ 0,005	+0,06	208.52,9	28.52,9	162.18,7
(α) Schlange	+ 0,007	—0,19	229.49,5	49.49,5	169.37,8
Castor	— 0,010	+0,04	231.20,7	51.20,7	143.41,7
Antares	0,000	—0,26	244.56,8	64.36,8	90.
Aldebaran	+ 0,002	+0,12	250.13,3	70.30,3	102.58,0
(β) Stier	+ 0,001	+0,10	261. 8,2	81. 8,2	85.34,9
Vega	+ 0,015	—0,27	255. 9,6	75. 9,6	115.39,7
Capella	+ 0,014	+0,44	269.17,1	89.17,1	102.43,5
Sirius	— 0,028	+1,01	285.34,7	105.34,7	110.16,
Procyon	— 0,053	+0,95	287.42,2	017.42,2	129.43.
Attair	+ 0,032	—0,54	288.14,7	108.14,7	49.11,6
(β) Löwe	— 0,038	+0,07	290.17,9	110.17,9	162.41,5
(α) Wassermann	— 0,005	—0,19	329.40,9	149.40,9	67.10,7
(α) Pegasus	— 0,004	—0,18	348.28,5	168.28,5	72.38,8

Der aufsteigende und niedersteigende Knoten sind angemerkt, um die Vergleichung der Bahnen zu erweitern.

Drittes Buch.

Das Planeten-System.

Dieß Buch enthält Herschels Entdeckungen im Sonnen-System; sie umfassen die Naturgeschichte der Planeten samt ihrer Trabanten, nach der Reihe ihrer Anordnung in dem System, der Kometen, des Monds, und des Central-Körpers, der Sonne. Die alten Astronomen hatten in dieser Sphäre uns große Beyspiele von Untersuchungsgeist hinterlassen, und die Aussichten in die Planeten-Welt mächtig erweitert, durch die Darlegung großer, unerwarteter Erscheinungen an jenen Himmels-Körpern. Auch unsere Zeitgenossen waren sehr rege, und schritten fort. Doch hat Herschel uns auch hier auf einen höhern Standpunkt gestellt, und viel vollendetere Umrisse zum Bilde unseres Sonnen-Systems gegeben; er zeigt uns den entfernten Uranus mit seinen Trabanten, die sich in einer entgegengesetzten Richtung um ihren Hauptplaneten drehen; neue Trabanten Saturns, die Umdrehung des Rings, seine Einwirkung auf die Hervorbringung einer sonderbaren Gestaltung desselben; das Gesetz — welches den Mond mit der Erde so verbindet, daß er immer dieselbe Seite ihr zuwendet, am 5ten Saturns-Trabanten bestätigt, und an den Trabanten des Jupiters, deren System noch seltsame Erscheinungen weißt; er mißt Trabanten nicht nur, sondern selbst ihre Schatten, und das kleinste, was die Planeten-Welt aufzuweisen hat, die Asteroiden; und bestimmt die Lage der Achse an dem kleinsten der jenseitigen Planeten, dem Mars, der von keinen Trabanten umkreißt wird, nur aus Veränderungen seiner Scheibe und der Figuren auf ihr. Endlich entscheidet er über die Natur der großen atmosphärischen Bewegungen der Sonne;

und weißt den Einfluß derselben auf die Entwicklung der Kometen in ihren verschiedenen Stufen nach.

---

§. I. Der Georgsstern — Uranus.

1)*) Durch Herschels Entdeckung des Uranus, eines mächtigen Planeten jenseits der bekannten Sphäre, hat die neue Welt eigentlich Besitz genommen vom Himmel. Die Alten hatten uns überliefert die Planeten, Kometen und Ansichten darüber, die Sternbilder und Sternverzeichnisse; am Wendepunkt der Römischen Zeit stand Ptolemäus, der größte Beobachter und der reichste im Besitz astronomischer Kenntniß und Weisheit; der gleichsam, ein zweyter Aegyptischer Hermes, die Gesetze der Sternkunde, und die himmlischen Bewegungen auf unvergängliche Tafeln schrieb, unzerstört in den Stürmen der nachfolgenden Zeit. Allerdings erweiterte später, beym neuern Aufleben der Astronomie, Galilei durch Entdeckung der Jupiters-Trabanten die Einsicht in die Planeten-Welt; Herschel erweiterte mit der Einsicht zugleich die Aussicht.

Diese Entdeckung, welche durch die Großmuth Georgs, Königs von England, Herscheln eine lange ruhmvolle Bahn eröffnete, und ihn den Wissenschaften ganz gab, ist nicht bloß an sich selbst, sondern durch die Anregungen, die sie begleiteten, umfassend und entscheidend. Die Planeten-Welt war um das Doppelte ausgedehnt, ein hinlänglicher Anschein von Gesetzmäßigkeit des Fortschritts in der Vertheilung der Planeten bestätigt; die Macht des Fernrohrs hatte sich gesteigert; die Masse der Beobachtungen vertheilte sich unter Mehrere; die Kometen-Welt war aus ihrer Ferne uns gleichsam näher gerückt und befreundeter; in Allem, um es kurz zu sagen, hatte sich ein größerer Maasstab gezeigt und gemacht; in Aussicht, in Kraft, in Arbeit. Und in der That wirft man einen Ueberblick auf den Zeitraum, seit Herschel den Uranus entdeckte, bis zu seiner lezten Abhandlung, — (welche den Himmel selbst auszumessen, und die Lage der Sternhaufen in der Tiefe desselben zu bestimmen suchte) — welche Anwendung eines größern Maasstabes in allen Wissenschaften und allen Trieben; welche Erweiterungen nach allen Richtungen! Wären die alten astrologischen Ideen noch wahr, so könnte man sagen, das Bewußtseyn — nicht das Daseyn — von dem Daseyn eines Planeten in einem Raume, der die Macht und das Gebiet der Sonne näher zu den Sternen trägt, habe die Geister aufgeregt, und zur Erweiterung alles ihres Strebens gereizt.

2) Es ist wohl angemessen, das ursprüngliche Bekanntmachungs-Schreiben Herschels sammt den Beobachtungen mitzuthei-

*) Anmerkung A.

len. *) „Donnerstag den 13. März, zwischen 10 und 11 Uhr Abends, als Herschel die kleinen Sterne in der Nachbarschaft von H Zwillinge untersuchte, ward er einen gewahr, der sichtlich größer war, als die übrigen; seine ungewöhnliche Größe fiel auf, er ward mit H Zwillinge, und den kleinen Sternen, in dem Viereck, zwischen dem Fuhrmann und Zwillingen verglichen, und da er viel größer als jeder derselben gefunden ward, so vermuthete Herschel, es sey ein Komet.

„Damals war Herschel in einer Reihe von Beobachtungen über die Parallaxe der Fixsterne **) begriffen, welche sehr starke Vergrößerungen erforderten, daher verschiedene von 227, 460, 932, 1536, 2010 u. s. w. bey der Hand waren, die er alle bey dieser Veranlassung mit Erfolg anwandte. Die Vergrößerung, mit der die Entdeckung gemacht wurde, mit der er den Kometen zuerst sah, war die 227fache. Aus Erfahrung wußte er, daß die Durchmesser der Sterne nicht verhältnißmäßig mit starker Vergrößerung größer würden; daher setzte er die Vergrößerung 460 und 932 auf, wobey sich der Durchmesser im Verhältniß vergrößert zeigte, wie es seyn mußte, bey der Voraussetzung, daß es kein Stern sey; die Sterne, die man mit ihm verglich, vergrößerten sich nicht in demselben Verhältniß. Ueberdieß erschien der Komet, wenn er weit über die Gränze hinaus vergrößert wurde, als seine Lichtstärke erlaubte, duftig und schlecht begränzt, während bey diesen mächtigen Vergrößerungen die Sterne Glanz und Deutlichkeit behielten; wie er aus vielen tausend Beobachtungen wußte, daß sie ihn behalten würden. Der Erfolg zeigte, daß diese Voraussetzung richtig gewesen, denn es war wirklich ein Komet.“ ***)

Folgendes sind die Messungen, welche Herschel anstellte über die Durchmesser des Wandelsterns, seine Entfernung von gewissen Sternen, und den Stellungswinkel mit denselben. Das Micrometer, womit der Durchmesser und die Distanzen gemessen wurden — das damals übliche mit beweglichen Fäden — hält er bey kleinen Winkeln bis auf 6, 8, 10 Tertien genau, im schlimmsten Fall auf 20 — 30. Die Messungen des Winkels sind mit einem Micrometer ****) von Herschels Erfindung angestellt.

*) S. die Abhandlung v. J. 1781.

**) Es ist die Reihe der Abhandlungen über die Parallaxe der Fixsterne, über die Doppel-Sterne, wovon im ersten Buch gehandelt worden ist.

***) Eigentlich, wie sich später ergab, ein Planet.

****) Die Beschreibung dieses Micrometers, um Stellungs-Winkel zu messen, ist der Abhandlung Herschels vom Jahr 1781 beygefügt; davon wird im 4ten Buche die Rede seyn; so wie die Bemerkungen Herschels über den optischen Schein bey Messung kleiner Winkel. Uebrigens bediente er sich hiebey zweyer Micrometer.

Tafel I. Messungen des Uranus-Durchmessers.

Zeit.		Durchm.		Vergrößerung.
1781				
März	17.	2″	53‴	932. 460
	19.	2	59	932. 460
	21.	3	38	460
	28.	4	7	932 } stimmen bis auf 9‴ überein
	—	3	58	227 }
	29.	4	7	227 eher zu klein
	—	4	25	— scheint gut
April	2.	4	25	—
	6.	4	53	—
	15.	5	11	—
	—	5	20	— sehr gut; nicht eine halbe Sek. fehlerhaft
	18.	5	2	— genau bis auf 12‴ oder 18‴.

Herschel macht einige Bemerkungen über starke Vergrößerungen, die wir im vierten Buch anreihen werden.

Tafel II. Distanz des Kometen von teleskopischen Sternen $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \zeta$.

Von α.

März 13.	10 U.	30 M.	2′	48″	11‴	ziemlich genaue Schätzung, genau auf 20″
17.	11.	0		41	58	mit dem Micrometer; Vergrößerung 227.
18.	7.	20	1	0	35	
	9.	16		6	59	
	10.	55		10	40	
19.	7.	4		46	40	
	10.	42		51	23	
21.	10.	0	3	39	46	

Distanzen vom Stern β.

24.	8.	12	2	55	39	genau bis 4—5″ gewöhnliche Beobachtung
	10.	58		55	4	— — 4—5
25.	7.	24		12	46	— — 2—3
	9.	47		14	18	
26.	10.	43	1	48	3	— — 2—3
28.	7.	46	2	55	49	— — 4—5

Distanzen vom Stern γ.

29.	8.	50	2	20	51	— — 2
30.	7.	55	1	28	48	— — 2—3
April 1.	7.	45	2	39	20	

Distanzen vom Stern δ.

6.	8.	50	2	51	23

Distanzen vom Stern ε.

April 15.	10 U.	18 M.	4	27	57	Schätzung nach dem Gesichtsfeld genau bis 5 — 6
16.	7.	50	3	9	14	— — 3 — 4 mit Micrometer
	10.	47	2	50	56	— — 3 — 4
18.	8.	18	3	{18 {15	4} 57}	— — 3 — 4 das Mittel 3′ 17′ 2″

Distanzen vom Stern ζ.

18.	8.	50	2	24	57	
19.	8.	38	3	2	5	— — 3 — 4

Tafel III. Die Stellungswinkel mit dem Parallel derselben Sterne.

Stellungswinkel gegen α. *)

März 13.	10 U.	30 M.	0°	0′	
17.	11.	0	89	56	
18.	8.	20	56	39	
	9.	24	41	33	genau bis 1°
19.	7.	23	29	47	— — 1
21.	10.	10	11	46	— — 4 — 5
	11.	48	12	14	

Stellungswinkel gegen β.

24.	8.	23	38	39	— — 2 — 3
	11.	4	36	14	— — 3 — 4 Luft sehr zitternd
25.	7.	33	53	18	
	9.	55	56	32	beträchtlicher Irrthum möglich
26.	10.	55	87	0	— — 2 — 3
28.	7.	58	28	51	— — 3 — 4

Stellungswinkel gegen γ.

29.	9.	25	32	19	— — 1 — 2
30.	8.	25	72	14	— — 3 — 4
April 1.	7.	55	28	51	gut } Mittel 27. 46
—	—	—	27	14	noch genauer } genau bis 1°

Stellungswinkel gegen δ.

6.	8.	28	84	42	— — weniger als 2°

Stellungswinkel gegen ε.

15.	10.	27	29	9	— — 2° wenig 3°
16.	8.	1	49	11	— — 1
	10.	55	50	47	— — 1,5 — 2,5
18.	8.	31	47	9	sehr gut } genau bis weniger als 1°
			46	35	ziemlich gut }

*) Diese Winkel sind genommen mit dem Parallel nach West; die unter dem Strich — nach Ost.

Stellungswinkel gegen ζ.

April 18.	9 U.	8 M.	82° 39′		
19.	8.	56	48 18	49° 3.	genau bis 1°
—	—	—	49 48		
—	10.	45	47 30		genau bis 2—3°

Einige Bemerkungen fügt Herschel diesen Beobachtungen bey, wovon folgende sich herausheben. „Den 6ten April erschien der Komet, mit 278facher Vergrößerung, vollkommen scharf an seinen Rändern, und äußerst gut begränzt, ohne nur die geringste Spur und Schein eines Bartes oder Schweifes." Wie auffallend wird jedem Leser sich der Gedanke aufdringen, daß, ohngeachtet dieser so bestimmten und entschiedenen Beobachtung, alle Rechner immer, noch fast ein Jahr, auf der Kometen-Natur dieses Wesens beharrten, immer parabolische Bahnen für ihn suchten, bis der Präsident Saron die Idee eines Kreises einführte, und alle Parabeln für unpassend erklärte! So ungewohnt war die Idee eines neuen Planeten.

Ueber die Genauigkeit dieser von Herschel hier zum erstenmal angewandten Methode, vermittelst Distanzen und Stellungs-Winkel die Lage eines Himmels-Körpers zu bestimmen, so wie ihre Ungelegenheiten wird sich im 4ten Buch Weiteres aussprechen; nur ist die auffallende Wirkung derselben hier nicht zu verschweigen. „Vermittelst derselben war Herschel im Stande, die Größe und Richtung der Bewegung in einem einzigen Tage (vom 18ten bis 19ten März) mit weit größerer Genauigkeit, als im Sector oder Transit-Instrument vermögend gewesen wäre, zu bestimmen. Ja sogar eine oder zwey Stunden Zeitraum waren genug, um ihn als einen wandelnden Stern zu erkennen; folglich wenn ihn auch seine Größe nicht als Komet ausgezeichnet hätte, so würde die Veränderung seines Orts, obgleich sie nur 2¼ Sekunden — welche Kleinigkeit — in einer Stunde betrug, hingereicht haben, die Entdeckung zu veranlassen." Herschel fährt fort; ein Gelehrter, sehr bekannt durch die entschiedenen Erfolge, die er über Kometen-Entdeckung gehabt, Messier, scheint die Schwierigkeit, eine kleine Bewegung an einem Himmels-Körper zu entdecken, sehr wohl gewürdigt zu haben; da er in einem Briefe, mit dem er Herschel beehrte, aus Gelegenheit des Uranus sagt: „Rien n'etoit plus difficile, que de la reconnoitre, et je ne puis pas concevoir, comment vous avez pu revenir plusieurs fois sur cette comete ou etoile, car absolument il a fallu l'observer plusieurs jours de suite, pour s'appercevoir, qu'elle avoit un mouvement."

Dieser Vorzug — der gar nicht im Gegensatz gegen die Macht fixer Instrumente gelten soll — hat noch eine besondere Merkwürdigkeit, da später sich ergab, daß die größten beobachtenden Astro-

nomen der Vorzeit, Flamstead, Bradley, Le Monier Maier diesen Herschels=Stern oder Uranus beobachtet hatten.

Für die astronomische Welt war, bey dieser Entdeckung, eben merkwürdig die schnelle Ergreifung des Gegenstandes, ob er gleich nicht wie ein Komet durch Schweif und Nebliges sich unterschied; ferner die ungeheure Vergrößerung, die hier angewandt worden; die Ansichten über Durchmesser der Sterne in Beziehung auf die Vergrößerung. Aus Allem sah man große Erfahrung am Himmel, praktischen Blick, unermüdliche Beharrlichkeit, unwandelbaren Muth.

Herschel schlug in einem Schreiben an den Präsidenten der Londoner königlichen Societät für den, nachher als Planeten erkannten, Kometen den Namen Georgs=Stern vor: diese Benennung würde auf eine passende Weise die Zeit und das Land der Entdeckung bezeichnen. „Denn als ein Unterthan des besten Kö„nigs, des freysinnigen Beschützers jeder Kunst und Wissenschaft, „als gebürtig aus dem Lande, von welchem diese erlauchte Familie „auf den brittischen Thron gerufen wurde; als ein Mitglied der „Gesellschaft, welche durch die ausgezeichnete Freygebigkeit ihres „Königlichen Beschützers blüht; und endlich am meisten, als eine „Person, die nunmehr unmittelbarer unter der Protection dieses vor„trefflichen Monarchen steht, und Alles seiner unbegränzten Güte ver„dankt" — ist es für Herschel wünschenswerth, diese Gelegenheit ergreifen zu können und seine dankbare Gesinnung auszudrücken, indem er den Namen Georg=Stern

Georgium Sidus

— jam nunc assuesce vocari. Virgil. Georg.

„einem Gestirn ertheilt, das für uns zuerst unter Georgs erhabener „Regierung erglänzte."

3) Diesen seinen Georgs=Stern sah Herschel, während seiner astronomischen Laufbahn, als seinen Glücksstern, und als denjenigen an, dem er seine fortgesetzte Huldigung durch Beobachtung und Erforschung darzubringen hatte.

Mit der Bestimmung seiner wahren Größe und Durchmessers beschäftigte Herschel sich im Jahr 1781 fortgesetzt und dem Jahr 1782. Zwar sind die Messungen, die er in seiner ersten Abhandlung bekannt machte — wenn man die drey erstern wegläßt — ziemlich übereinstimmend, und geben 4″ 36½‴. Doch war Herschel nicht damit zufrieden, so lang durch andre Methode sich noch eine größere Genauigkeit erwarten ließe; das Ergebniß finden wir in der Abhandlung v. J. 1783.

Das von ihm erfundene Lampen=Micrometer, das bey den Doppel=Sternen zur Messung der Distanzen angewendet worden, erhielt eine zweckmäßige Veränderung, und wurde in das Scheiben=Micrometer verwandelt. Nämlich durch Beleuchtung und Färbung durchsichtiger Scheiben (oder auch wohl nur Kreis=Ringe), deren Distanz vom Auge geändert werden kann, sucht dieß

Micrometer ein vollkommen gleiches Abbild der zu beobachtenden Planeten-Scheibe darzustellen; welches dann (wie bey den Doppel-Sternen) den Winkel oder Durchmesser der Scheibe nach Vergleichung mit der Vergrößerung ergiebt.

Folgende Tabelle giebt die Resultate der Messungen.

Durchmesser des Georgssterns.

	Zeit.	Durchmesser des Scheibchens.	Distanz.	Vergrößerung.	Durchmesser des Planeten.	Scheinbarer vergrößerter Durchmesser.
		Zoll.	Zoll.		Sekunden.	
1781	Nov. 28	2,4	431	227	5,06	19′ 8″
1782	Okt. 2	2,35	588,25	227	3,63	13 44,
	— 4	2,8	692,6	227	3,67	13 53,85
	— 12	3,415	731,3	227	4,21	16 3,2
	— 19	3,3	765,45	227	3,77	14 15,69
	— 26	4,0	1033,05	227	3,51	13 18,6
	Nov. 4	3,165	633,95	227	4,53	17 9,8
	— —	3,59	803,05	227	4,06	15 22,1

Ueberdieß finden sich noch zwey Messungen mit dem gewöhnlichen Micrometer.

1781	Nov. 19			227	5″ 2‴
	— —				5″ 11‴
1782	Sept. 9			460	4″ 11‴

Setzte man nach la Landes damaliger Bestimmung, die er an Herschel mittheilte, die Entfernung des Georgs-Sterns 18, 913 die Entfernung der Erde von der Sonne 1; den Winkel, unter dem der Erd-Durchmesser von der Sonne aus gesehen erscheint, 17″; so würde die Erde in der Entfernung des Uranus nur unter einem Winkel von 0″, 898 erscheinen; der Uranus-Durchmesser (nach obigen Messungen) ist also $^4/_{0,898}$ mal, d. h. 4,454 mal größer als der Erd-Durchmesser.

4) Daß die Entdeckung*) zweyer Uranus-Trabanten, welche Herschel im Jahr 1787 machte, das Höchste, was die Macht der Werkzeuge erreichen konnte, und Einzige in unserer Epoche sey, ist nicht nöthig weiter zu entwickeln. Wenn der Planet dem unbewaffneten Auge wie ein Stern siebenter Größe erscheint, wenig über 4 Sekunden Durchmesser hat, viermal weiter als Jupiter von der Sonne entfernt ist; was für Lichtpunkte werden seine Trabanten seyn; wie mag man sie von

*) S. die Abhandlungen vom Jahr 1787. 1788.

kleinen Sternen unterscheiden? Ich setze hinzu, auf dem Festland hat sie noch Niemand gesehen.

Ich erzähle meist mit Herschels eigenen Worten. „Die „große Entfernung des Georgs-Sterns und seine gegenwär„tige Lage in einem Theil des Thier-Kreises,“ über den eine große Menge kleiner Sterne ausgestreut ist, machte es ungewöhnlich schwierig zu bestimmen, ob er, wie Jupiter und Saturn, von Satelliten begleitet ist. Oft hatte Herschel, im Verfolge dieser Untersuchung, große Fernröhren nach diesem entfernten Wandelstern gerichtet, da er aber beständig ohne Erfolg blieb, schrieb er dieß Mißlingen dem Mangel an Licht bey seinen Werkzeugen zu.

Als er, mit Hinweglassung des kleinen Spiegels, die Vorschau*) bey seinen Beobachtungen eingeführt hatte, ward er gewahr, daß ihm Alles, Nebel z. B., die er vorher gesehen hatte, viel heller erschienen; dem Gewinn an Licht war dieß zuzuschreiben.

„Es wäre nicht zu entschuldigen gewesen, einen solchen Vortheil unbenutzt zu lassen, wenn man einen besonderen Gegenstand im Auge hatte, wo vermehrte Lichtstärke von der äußersten Wichtigkeit war. Herschel wunderte sich, daß dieß ihm nicht früher aufgefallen. Den 11ten Februar 1787 wählte er demnach, bey seiner allgemeinen Durchmusterung des Himmels, einen Streif, der zum Georgs-Planeten führte; er gewahrte, während er durch den Meridian ging, nahe an seiner Scheibe, in der Distanz von wenigen Durchmessern, einige sehr zarte Sterne, deren Oerter mit großer Sorgfalt sofort niedergelegt wurden.“

„Den nächsten Tag, als der Planet wieder in den Meridian kam, sah Herschel sich mit dem aufmerksamsten Auge nach seinen kleinen Sternen um, und gewahrte, daß zwey derselben fehlten. Wäre er weniger mit optischen Täuschungen bekannt gewesen, hätte er unmittelbar das Daseyn eines oder mehrerer Satelliten des neuen Planeten angekündigt; aber es war nothwendig, Gewißheit zu haben; der kleinste Duft, der auf keine andere Art zu entdecken ist, kann oft kleine Sterne verdunkeln: nur eine fortgesetzte Reihe von Beobachtungen, in einer Sache von so großer Wichtigkeit, konnte Herschel befriedigen.“

Demnach setzte er die Beobachtungen fort den 14ten, 17ten, 18ten, 24sten Jan., 4ten und 5ten Februar. Das Daseyn eines Satelliten war entschieden; Herschel wollte ihn aber wirklich in Bewegung sehen; er verfolgte ihn also den 7ten Februar von Abends 6 Uhr bis Morgens 3 Uhr (wo er ihn wegen der Lage seines Hauses nicht mehr sehen konnte). „Während dieser 9 Stunden sah er den Satelliten getreu seinen Hauptplaneten

*) Front View. Davon im 4ten Buche.

begleiten, und zugleich in seiner eigenen Bahn einen beträchtlichen Bogen durchlaufen."

Während dieser Zeit vergaß Herschel nicht einen andern kleinen Stern zu verfolgen, von dem er ziemlich überzeugt war, daß es auch ein Trabant war; denn den 17ten Februar fehlten zwey Sterne, die er den 14ten gesehen hätte; und den 24sten, die am 18ten angemerkt worden waren: Sey es aber Schuld der Aufmerksamkeit, die auf den andern Satelliten gewandt wurde, oder der dichten Andrängung dieses an seinen Planeten, dessen Strahlen ihn beynahe einhüllten, er konnte sich von seiner Bewegung nicht überzeugen. Allerdings trat auch der Mond ein, als nach 9stündiger Beobachtung (den 7ten Febr.) eine beträchtliche Bewegung hätte sollen erkannt werden.

Den 9ten ergab sich doch, daß dieser Stern wirklich seine Stelle geändert, und etwas schneller als der zuerst entdeckte, und näher am Planeten, sich bewegte. Herschel nannte ihn nun den ersten, verfolgte ihn 3¼ Stunden lang; verschob aber doch seine endliche Entscheidung auf den 10ten; es wurde voraus eine Skizze entworfen von der Stellung gegen den Kometen und seinen Parallel.

„Der längsterwartete Abend kam, und ungeachtet des ungünstigsten Anscheins von trübem Wetter, klärte es sich zuletzt auf, und der Himmel legte nun das Original der Zeichnung dar, und zeigte, in der Lage, die er gezeichnet hatte, den Georgs-Planeten begleitet von zwey Satelliten."

Dieser Anblick, gesteht Herschel, erhielt für ihn einen Zuwachs von Schönheit dadurch, daß es ihm schien, als gäben diese kleinen Nebenplaneten dem Hauptplaneten eine Würde, welche ihn auf eine bedeutendere Stelle unter den großen Körpern unseres Sonnensystems erhebt.

Ungefähr 5 Stunden lang sah sie Herschel mit einander wandeln, jeden in seiner Bahn, und den 11ten Febr. Morgens 2 Uhr verließ er sie in der Stellung, wie sie Fig. A. III. B. angiebt. S. Beschreibung der Tafeln.

Die Umlaufszeit wurde etwa zu 3¾ Tag für den ersten und 13⅓ Tag für den zweyten bestimmt.

5) Es ist schwer Messungen anzustellen bey Gegenständen — als da diese kleine Trabantchen sind — welche nur mit der größesten Anstrengung gesehen werden können. Ueberdieß traten bey der Bestimmung der Umlaufszeiten noch besondere Schwierigkeiten ein, die Methode der Verfinsterung war (wie sich aus der beträchtlichen Neigung der Bahnen ergab) nicht anwendbar; die Beobachtungen derselben in mehreren auf einander folgenden Oppositionen konnten nur zu diesen bestimmten Zeitpunkten gemacht werden. Es blieb also nichts übrig als Messun-

gen ihrer Lage gegen den Hauptplaneten, wie man sie mit einiger Genauigkeit machen konnte, und angemessene Reductionen.

1787 im Januar, Februar, März wurden die Messungen so genommen, daß Herschel den Planeten längs den Faden des Parallels gehen ließ, und bey sehr starker Vergrößerung den Winkel des Satelliten mit diesem Parallel schätzte; dieß konnte mit Zuverlässigkeit nur dann geschehen, wenn der Trabant ungefähr in einerley Parallel oder Meridian mit seinem Planeten stand. Später verbesserte Herschel das Micrometer für die Stellungswinkel, wie er es bey den Doppel-Sternen anwandte.

Es ergab sich aus 6 Combinationen, die eine Zwischenzeit von 7, 8, 9 Monaten umfaßten. Die synodische Umlaufszeit des ersten Trabanten beträgt 8 Tag 17 St. 1 Minute, 19,3 Sek., die Umlaufszeit des zweyten aus 4 Combinationen, in derselben Zwischenzeit 13 Tage 11 St. 5 Min. 1,5 Sek. Diese Resultate hält Herschel für sehr nahe der Wahrheit kommend.

Die nächste Bestimmung war die der Distanzen vom Hauptplaneten. Der zweyte Trabant wurde gewählt; da aber seine Bahn sichtlich elliptisch war, mußten mehrere Bestimmungen in angemessenen Lagen wiederholt werden. Das Resultat ist: den 18ten März 1787 um 8″ 2 Min. 50 Sek. war die Distanz des Satelliten 46″, 46. Die Reduction (nach Maiers Sonnentafeln und den Uranus-Tafeln der Conn. des temps von 1787) giebt also, diese Distanz in der mittlern Entfernung des Uranus von der Erde 44″, 23. Andere Messungen stimmen damit, z. B. die vom 19ten März giebt 42, 15; die vom 9ten Novbr. 44, 89, und machen den Schluß wahrscheinlich, daß damals der Trabant nicht wohl weit vom Scheitel seiner Ellipse entfernt seyn konnte.

Die Kepplerischen Gesetze geben für den ersten Trabanten — aus seiner bekannten Umlaufszeit — Distanz vom Hauptplaneten 33″, 09. Alles unter Voraussetzung von Kreisbahnen und synodischer Bewegung.

Noch ist endlich die Lage dieser Bahnen zu bestimmen. Da Herschel die Bahn des zweyten sichtlich elliptisch gefunden hatte, so kam er auf den Gedanken, so viel Messungen als möglich anzustellen, um das Verhältniß der Achsen dieser scheinbaren Ellipse zu finden, und daraus auf ihre Lage zu schließen. „Doch hier stieß Herschel auf in der That fast unübersteigliche Hindernisse. Die ungewöhnliche Zartheit der Satelliten, die Kleinheit der Winkel, welche mit Micrometern — deren Fäden hinlänglich beleuchtet werden mußten — gemessen werden sollten; die schwere Last des Instruments, welches, obgleich sehr leicht handzuhaben, immer Hände eines Gehülfen für seine Bewegungen forderte, und folglich einen großen Theil seiner eigenen Lenkung ihm entzog, welche doch bey freier Beobachtung etwas so Nothwendiges ist; die starken Vergrößerungen, die man anwenden mußte, um

Räume und Winkel, die zu messen waren, mehr sichtbar zu machen; kurz jeder Umstand schien zusammenzuwirken, um die Sache ganz verzweifelt zu machen. Dazu kommt, daß keine Messung glücken konnte, die nicht durch den schönsten Himmel begünstigt wurde: woraus sich leicht schließen läßt, wie selten die Gelegenheit zu solchen Messungen in dem veränderlichen Klima des brittischen Eylandes seyen."

Aus 21 Messungen *) wählte Herschel fünf, um die Lage der Bahn für den zweyten Trabanten zu bestimmen.

Tafel der beobachteten Distanzen des zweyten Uranustrabanten.

Zeit mittlere. 1787.		U.	M.	S.	Distanz.	Reducirt auf die mittlere Entfernung des Planeten.	Winkel des Trabanten. **)	
					"	"		
März	18.	8	2	50	46,46	44,23	0°	1′
	19.	7	47	59	41,24	42,15	26	28
	20.	7	44	8	40,23	38,37	53	8
April	11.	9	18	27	35,32	34,35	283	13
Nov.	9.	15	56	15	44,89	42,88	199	59

Herschel nimmt nun eine Ellipse von den Achsen 44,23 und 34,35 als mit den Beobachtungen, so gut man erwarten kann, übereinstimmend, zu Grunde. Diese Ellipse ist die Projektion einer kreisförmigen Bahn, die nicht senkrecht auf der damaligen Gesichtslinie steht.

Zwey Stellungswinkel werden nun gebraucht, um die Lage der Achse gegen den Meridian zu bestimmen.

Okt. 14. 16 U. 28 M. 42 Sek. 66° 3′ Südost.
Okt. 20. 16 U. 7 34 82 12 Nordwest.

Die erste giebt für den Winkel der Achse mit dem Meridian 14° 10′, die zweyte 12° 24′; das Mittel für das Mittel der Zeit Okt. 17 U. 16 M. giebt 13° 17′.

Sofort wird für diesen Zeitpunkt die Lage des Meridians gegen die Bahn des Uranus bestimmt; und 79° 21′ 29″,1 gefunden. Die Summe beyder Winkel giebt 92° 38′ 29″,1. Nun ist hier eine Zweydeutigkeit, weil man aus dem Bisherigen nicht entscheiden kann, welcher Theil der scheinbaren Ellipse sich gegen uns herwärts befindet.

*) Mit einem guten Micrometer, nach der Einrichtung der Parallelfäden; nur daß der bewegliche Faden sich über den andern hinwegbewegte.

**) Unter der Voraussetzung, daß er sich in einer Kreisbahn bewege, senkrecht auf der Gesichtslinie.

Die Unentschiedenheit hebt sich, wenn im Fortschritt der Zeit die Bahn scheinbare Ellipse sich öffnet oder schließt.

Ueber das Licht dieser Trabantchen macht Herschel noch einige Bemerkungen. Der zweyte ist der hellere; ihr schwaches Licht kann mit auch von der großen Nähe ihres Hauptplaneten herrühren; wie dieß auch bey kleinen Fixsternen der Fall ist. Wie stark würden übrigens diese Trabanten leuchten, wenn sie uns so nahe wären als die mediceischen Sterne; ein Jupiterstrabant würde 180mal geringeres, ja in der Opposition 250mal geringeres Licht leuchten als jetzt. Wahrscheinlich sind also die Trabanten des Uranus von beträchtlicher Größe.

Folgende Uebersicht ergiebt sich aus allen diesen Berechnungen, wie sie Herschel angiebt: in der Abhandlung vom Jahre 1788.

Uebersicht der Elemente der beyden Uranustrabanten.

Umlaufszeit des ersten	8 Tage 17 Std. 1 M. 19 Sek.
Distanz	33″
Epoche. 19. Okt. 1787.	19 U. 11′ 28″ — 76° 43′ Nordost.
Umlaufszeit des zweyten	13 Tage 11 Std. 5 M. 15 Sek.
Distanz	44″,23
Neigung der Bahn des zweyten	99° 43′ 53″,3 oder 81° 6′ 4″,4
Aufsteigender Knoten	18 Grad Jungfer oder 6° Schütze
Wenn Epoche 19. Okt. 1787 um 17 U. 22′ 40″	Stellung 76° 43 Nordost.

Neigung der Bahn des zweyten scheint nicht sehr verschieden von der des ersten.

Durchmesser des Planeten 34217 Meilen.

Scheinbarer Durchmesser von der Erde aus gesehen in seiner mittleren Entfernung 3″,90554.

Scheinbarer Durchmesser von der Sonne aus gesehen in der mittlern Entfernung der Erde 1′ 14″,5246.

Verhältniß desselben zur Erde 4,31769 zu 1.

Inhalt 80,49256mal der Inhalt der Erde.

Dichtigkeit 0,220401; Dichtigkeit der Erde 1.

Masse desselben 17,740612 Masse der Erde 1.

Fall eines Körpers in einer Sekunde auf ihm 18 Fuß 8 Zoll.

6) Die fortgesetzten Beobachtungen über diese Satelliten führten zu Vermuthungen, die sich mehr oder weniger der Gewißheit näherten, daß noch mehr Trabanten den Georgsstern umkreißten; auch mußten sie endlich Aufschluß über die wirkliche Lage der Bahnen geben, welche nach 5) noch zweydeutig war. Diese Resultate waren an sich für die Existenz dieser Trabanten wichtig; und wohl auch um das Gesetzmäßige in der Planetenwelt aufzustellen, daß in größerer Entfernung von der Sonne größerer Reichthum von Bildungen in den Planeten herrsche.

Herschel giebt daher mit der ganzen Oeffentlichkeit der astronomischen Welt die Reihe aller seiner Beobachtungen in der Abhandlung vom Jahre 1815; entwickelt die nun ange=

wandte Methode *) seiner Berechnungen, und giebt Bericht von seinen Werkzeugen und Beobachtungsweise, Vorsichtsmaaßregeln und Winke zu künftigen Beobachtungen. Um diese Sammlung von Beobachtungen für den künftigen Rechner in Benutzung zu erleichtern, sind denselben die Oerter der Trabanten beygefügt, wie sie aus den — nachher gefundenen Umlaufszeiten, Neigung und Knoten — sich ergeben haben, wobey Herschel einer aus Calcul- und Graphik zusammengesetzten Methode sich bedient hat. Die Beobachtungen sind in der Beylage **) vollständig beurtheilt.

Die Resultate sind folgende:

Die Beobachtungen vom Jahr 1797 und 1798 zeigen offenbar, daß damals der Planet in dem Knoten seiner Trabanten-Bahnen stand; der erste war nämlich selten sichtbar, und wenn er beobachtet werden konnte, erschien er immer unter großem Winkel mit den Parallel: dasselbe gilt vom zweyten Trabanten. Zwischen dem 11ten und 12ten März blieb dieser Stellungswinkel unveränderlich: damals war also der Planet im Knoten der Bahnen; Herschel setzt ihn in 5 Zeichen 15° 30′.

Das Mittel aus den 2 Stellungswinkeln den 11ten und 12ten März ist 78° 14′ NO.; daraus ergiebt sich die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik 78° 58′.

Ihre Bewegung ist demnach rückläufig.

Zur Bestimmung ihrer Umlaufszeit hat Herschel die Beobachtungen vom 16. Febr. 1787 für den ersten Trabanten mit 7 andern, und für den zweyten mit 9 andern combinirt; woraus dann das Mittel so genommen wurde, daß auch auf die Zwischenzeit der Combinationen Rücksicht genommen wurde.

Es ergab sich:

Synodische Umlaufzeit

des ersten Uranustrabanten	8 Tag	16 Std.	56 M.	5″,2
des zweyten	13 —	11 —	8 —	59 Sek.

Herschel zieht noch aus der Reihe seiner Beobachtungen und ihrer Vergleichung mit der Berechnung folgende „interessante Folgerungen."

I. Im 20füßigen wird der erste Satellit im Allgemeinen unsichtbar in einer Entfernung von etwas mehr als seine halbe größere Elongation: vermuthlich zwischen 302 und etwa 310. ***)

II. Der zweyte Trabant wird unsichtbar, nahe zu in der Hälfte seiner größern Elongation; oder von 295 bis 305.

III. Ein innerer Satellit muß demnach, wenn er sichtbar seyn soll, dieselbe Distanz haben wie der erste, wenn er ihm an Helligkeit gleicht, oder wenn er schwächer ist, eine größere. Es ist

*) S. Anmerkung 1.

**) S. Beylage 8.

***) Der Radius der Bahn wird 600 gesetzt.

höchst unwahrscheinlich, ihn zwey Nächte nach einander zu sehen, wenn die Bahnen sich scheinbar zusammengezogen haben.

IV. Aeußere Satelliten, wenn sie sehr lichtschwach sind, können schwerlich anders als in ihrer größern Elongation gesehen werden.

V. Der erste Trabant ist heller als der zweyte; daß letzterer meist als der hellere erscheint, rührt daher, daß er weiter vom Planeten entfernt ist; wäre er so hell wie der erste, so müßte er (weil seine Entfernung größer) erst bey der Entfernung 224 (nicht 295) verschwinden.

VI. Beyde Trabanten zeigen großen Lichtwechsel, der nicht Veränderungen in unserer Atmosphäre zugeschrieben werden kann, weil sie beyde zu gleicher Zeit mit einander verglichen werden: wie man z. B. aus den Beobachtungen vom 14. März 1793 und 26. Febr. 1798 ersieht.

VII. Dieser Lichtwechsel kann von Achsendrehung oder von atmosphärischen Veränderungen herrühren.

VIII. Die Messungen über die Distanzen vom Planeten stimmen nicht überein; ihre Abweichungen von einander sind sehr beträchtlich: die Lichtschwäche der Trabanten, die keine Beleuchtung des Micrometers gestattet, ist Ursache. Für den ersten Satelliten sind die Messungen 11. Okt. 1787 und 12. März 1798 zu benützen; doch eine Auswahl von 6 der übereinstimmendsten Messungen des 2ten Trabanten, z. B. von 1787 März 18. 20. und April 9., Novbr. 9; und von 1798 vom 12. und 19. März ist besser. Herschel nahm 36″ und 48″ für den ersten und zweyten Trabanten an.

7) Herschel giebt dann in IX eine kritische Zusammenstellung der Beobachtungen über die übrigen vermutheten Trabanten *): daß es wirklich welche gebe, ist nach seiner Meynung außer Zweifel, doch ihre Anzahl und Lage der Bahnen zu bestimmen, wäre ein mächtigeres Werkzeug erforderlich. Ihr wesentlicher Inhalt ist folgender:

Ein innerer Trabant. Die Beobachtung vom 18. Jan. 1790 wird als isolirt verworfen, da den folgenden Tag die Untersuchung nicht fortgesetzt worden; die vom 4. März 1794 beruht auf einer Verwechslung; die vom 27. hat keine korrespondirende — die Beobachtungen vom 15. und 16. Febr. 1798 deuten auf einen innern Trabanten; der erste konnte es nicht seyn, der war nach der Berechnung unsichtbar an beyden Tagen; und daß er den 16. verschwand, war nothwendig; damit stimmt die Beobachtung vom 17. und 18. April 1801: wo er sich in seiner größten nördlichen Ausweichung befand. Den 18. April wurden alle Sterne an derselben Stelle gefunden, nur einer fehlte, wie sichs gehörte.

Ein Zwischentrabant; den 26. April 1794 war er be-

*) Die Abhandlung v. 1798 hat 4 neue Trabanten.

merkt, eine Zeichnung war entworfen; den 27. war er nicht mehr an der vorigen Stelle; überdieß fand sich ein sehr kleiner Stern an einer Stelle, wo sich ein solcher Zwischentrabant hätte finden müssen.

Ein äußerer Trabant. Er wurde beobachtet den 9. Febr. 1790; nach der Zeichnung zweymal so weit entfernt als der zweyte. Die Beobachtung zweyer auf einander folgender Tage findet ihn nicht mehr an der vorigen Stelle. Den 27. März 1794 sah man einige Sterne südlich, vielleicht Trabanten; die Beobachtung blieb isolirt. 1796 den 5. März einen Stern an einer Stelle, wo die Nacht vorher keiner war; er war weiter vom Planeten entfernt als der zweyte. — 1791 den 31. sah man einen Stern in Opposition mit dem zweyten, und in noch einmal so großer Entfernung; den 2. Februar fehlte auch wirklich einer aus den verzeichneten Sternen. Auch 1792 sah man 26. Febr. einen Stern in doppelter Weite des zweyten; aber keine Meldung geschieht in spätern Beobachtungen (dieß stimmt mit der Bemerkung IV). Den 11. Febr. 1798, als schon die Trabantenbahnen in eine gerade Linie sich zusammengezogen hatten, sah man einen äußern Trabanten; sein Stellungswinkel wurde gemessen 89° 19′,5 NO.; den 13. und 15. war er nicht mehr zu sehen (wie sich nach Bem. IV gebührt).

Noch entferntere Trabanten. Den 28. Febr. 1794 sah man einen Stern da, wo den 26. keiner war; nach der Zeichnung war er in beträchtlicher Entfernung vom Planeten, etwa 24° NO. und nicht weit von einem in der Zeichnung angemerkten kleinern Stern. Man kann nicht wohl voraussetzen, daß man in die Zeichnung vom 26. einen kleinern Stern aufgenommen hätte, und den größern weggelassen. Den 27. März 1794 zeigten sich in beträchtlicher Entfernung Sterne, die wie Trabanten aussahen, die Beobachtung ist aber isolirt. 1797 den 28. März wird eines entfernten Sterns gedacht, der am 25. nicht sichtbar war, obgleich die Lage der in der Zeichnung bemerkten Sterne sorgfältig an diesem Tage untersucht worden. — 1798 den 16. Febr. um 11 Uhr 12 Min. ward ein sehr zarter Trabant (der sechste genannt) beobachtet; seine Entfernung gab die Vermuthung, daß er sich etwas vor oder nach seiner größern Elongation befinde; er war so lichtschwach, daß eine geringe Aenderung in der Atmosphäre ihn zum Verschwinden brachte. Den 18. ward er wieder gesehen, näher als vorhin; der Stellungswinkel wurde gemessen 82° 55 SW.

Billig könnte man sagen, bleibt die Bestätigung kommenden Zeiten aufbewahrt; doch kann als auffallend bemerkt werden, daß gerade die entferntern Trabanten als so lichtschwach hier vorausgesetzt werden.

8) Noch ist eine Bemerkung über die Abplattung des Uranus hier anzuführen aus der Abhandlung vom J. 1783. Sie ist folgende. „1782 Okt. 13. 16 Uhr. Mit 227facher war der Georgsstern schön; mit 278 noch besser; mit 460, nachdem man

man einige Zeit ihn betrachtet hatte, sehr deutlich. Keine Abplattung an den Polen wurde bemerkt, welche eine tägliche Bewegung angedeutet hätte; wäre sie so groß gewesen als bey Jupiter, Herschel hätte sie gewiß bemerkt. Noch bei 625facher Vergrößerung war der Planet ziemlich gut begränzt.

Wenn die Bahn der Trabanten in der Ebene des Uranus Aequators (nach dem geltenden Gesetz) liegt, so ist zur Zeit der Herschelschen Beobachtungen die Achse gegen uns gerichtet gewesen.

---

§. II. Saturn.

1) Als Herschel, der unermüdete Durchwanderer des Sternenhimmels, seine lichtstarken Fernröhre — die eigentlich uns bestimmt schienen die sonderbaren Lichterscheinungen, die mit mattem Schimmer aus der Tiefe der Nacht hervordämmern, zu ergreifen, und die mächtigen Glieder im Bau des Himmels im Ganzen zu erfassen — gegen unser Planetensystem wandte, unserer Wohnung zwar näher, doch in nie gemessener Entfernung, war er so glücklich, wie wir eben gesehen, die kaum sichtbaren Trabanten seines Georgsgestirns (Uranus) zu erblicken, ihren Lauf zu bestimmen, ja den Unterschied ihres Glanzes, so klein dieser auch war, zu ahnden nicht bloß, sondern einer Bestimmung zu nähern. Sollte er noch weiter herabsteigen, in die Sphären des merkwürdigsten aller Planeten, des alten Saturns, dessen Betrachtung so früh die großen Entdecker am Himmel aufgeregt hat? Wie er mit ruhigem Licht leuchtet, eine Glorie um sein Haupt trägt, oder einen Schirm, um sich gegen das Sonnenlicht, im Schatten der Ruhe, zu lagern, oder von Ferne eindringende feindliche Körper und Kometen abzuhalten, oder um seiner eigenen Umdrehung, durch den Schwung seines Rings, zu Hülfe zu kommen, oder die Bewohner des Rings durch seinen eigenen Anblick in der Nähe zu erquicken. Mit Recht sagt Herschel *): „Es ist vielleicht kein Gegenstand am Himmel, der uns solch eine Mannichfaltigkeit außerordentlicher Erscheinungen darbietet, als der Planet Saturn: eine prächtige Kugel umkreißt von einem staunungswürdigen doppelten Ring; begleitet von 7 Satelliten; geziert mit Streifen durch den Aequator; zusammengedrückt an den Polen; umdrehend sich um eine Axe; wechselsweise verfinsternd seinen Ring und Trabanten, und von ihnen verfinstert; der äußerste gleichfalls um seine Achse sich wälzend, wie der fernste unter seinen Trabanten; alle Theile des Saturnsystems nach den Umständen einander Licht zuwerfend; die Ringe und Monde erleuchtend die Nächte des Saturnbewohners; die Kugel und Trabanten erleuchtend die dunklen Theile des Rings; und der Planet und die Ringe rückwärts werfend die Strahlen der Sonne auf die

*) Siehe die Abhandlung v. J. 1805.

Monde, wenn sie zur Zeit ihrer Conjunctionen derselben beraubt sind." So reich auch die Früchte waren, welche ältere Astronomen hier geerndtet, so merkwürdig waren die Entdeckungen Herschels, bis zum Auffallenden sogar, da erst nach 25jährigem Zeitraume er eine neue Sonderbarkeit in der Gestalt sich entdeckte.

2) Die astronomischen Wahrheiten, welche durch Herschel hier neu eingeführt worden, bringen sich unter folgende Punkte: Zwey neue Saturnsmonde innerhalb der ältern Bahnen. Die Geschichte dieser Entdeckung beschreibt er selbst, mit der ihm eigenen, und der hohen Wissenschaftlichkeit angemessenen Freymüthigkeit; sie ist eben so wohl ein Werk der Hoffnung, als der Kraft des Fernrohrs, wie er selbst berichtet; darum folgende Auszüge hier sich anschließen *). „Es mag merkwürdig erscheinen, daß diese Satelliten uns so lang unbekannt geblieben sind, da seit anderthalb Jahrhunderten der Planet, zu dem sie gehören, fast der Gegenstand für die Neugierde aller Astronomen war, wegen der so besondern Erscheinungen seines Rings. Aber man wird sehen, daß, die Lage und die Größe der Satelliten in Betracht gezogen, man schwerlich erwarten konnte, sie zu entdecken, bis ein Werkzeug von den Dimensionen und der Oeffnung meines 40füßigen Teleskops gebaut war; und ich brauche nicht zu bemerken, wie sehr wir Mitglieder dieser Gesellschaft uns für diese Aufmunterung der Wissenschaft unserm königlichen Patron verpflichtet fühlen müssen, wenn wir bedenken, daß die Entdeckung dieser Satelliten einzig der großmüthigen Unterstützung zu verdanken ist, wodurch unser höchst wohlthätiger König seinen unterthänigen (humble) Astronomen in Stand gesetzt hat, das schwierige Unternehmen dieses 40füßigen zu vollenden." Die besondern Erscheinungen **), welche die Trabanten, in Beziehung auf den Ring, darbieten, da sie in ihrem Umlauf öfters an ihm gleichsam hängen, oder als hervorragende oder sich erhebende helle Punkte auf ihm sich zeigen, gab weitere Veranlassung zur Entdeckung. Ehmals war es Herschels Ansicht, und verschiedener anderer Astronomen, daß „eine Rauhigkeit auf der Oberfläche des Rings, oder Ungleichheiten, in den Ebenen und Neigungen seiner flachen Seiten, statt finde." Herschel sah aber einmal solch einen hellen erhabenen Fleck ***) von dem Ring hervortreten, und sich als Mond ablösen. „Vermuthungen eines sechsten Trabanten hatte er lange gehabt, die Entdeckungen der Uranustrabanten beschäftigten ihn aber; doch schon den 19. Aug. 1787

---

*) S. Abhandlung v. J. 1789.

** S. drittes Buch. Taf. II. Nro. 6. Fig. 5. 6. 7. 10.

***) „Von diesen bisher angenommenen hellen Punkten kam ich durch unmerkliche Schritte zur Entdeckung zweyer Saturnstrabanten, die bisher unbekannt geblieben waren, wegen ihrer geringen Distanz vom Planeten und ihrer Lichtschwäche." Abhandl. v. J. 1789. S. 9.

schrieb er es nieder, daß 18 U. 22′ 56 ein sechster Satellit wahrscheinlich da wäre. Im Jahr 1788 konnte nicht viel geschehen, der 20füßige war bei Zenithaluntersuchungen verdorben durch Thau, so daß er damit kaum die Georgstrabanten sehen konnte." In Hoffnungen auf großen Erfolg mit dem 40füßigen schob ich den Angriff auf, bis dieser vollendet war." Den 28. August 1789 sah er den sechsten Trabanten, in solch einer Lage und so hell, daß es unmöglich war ihn zu verkennen, oder nicht zu sehen. Damals betrug die rückläufige Bewegung Saturns fast 4½ Minuten täglich, es war also leicht sich über Stern- und Trabanten-Natur zu vergewissern; der 40füßige wirkte vortrefflich, und so entdeckte er auch den 7ten, den 17. Septbr., als er in seiner größten westlichen Ausweichung war. Er sah bey fortgesetzten Beobachtungen bisweilen, wie es nun der Lauf mit sich brachte, alle 7 Trabanten zugleich; und wenn sie nahe zusammen kamen, unternahm er es sie nach ihrer Lichtstärke zu vergleichen. Die Nähe des 6ten und 7ten bey dem Planeten und ihre Lichtschwäche, die eben durch den in der Nähe sich befindenden übermäßigen Glanz des Planeten noch vergrößert wird, macht ihre Beobachtung und Entdeckung so schwierig; und die möglichen Täuschungen und Verwechslungen mit kleinen Sternen noch leichter.

Die ganze Reihe der Beobachtungen des 6ten und 7ten Trabanten giebt nach Herschel folgende Resultate für die Umlaufszeiten und für die Distanzen: wobey zu merken, daß von dem 6ten schon eine Vermuthung vom 19. August 1787 vorhanden ist, und seine Configuration; die ganze Beobachtungszeit für den 7ten nur bis den 3. Septbr. 1789 zurückreicht.

Sechster Trabant Umlaufszeit	1 Tag	8 Stunden	53′ 8″,9
Siebenter Trabant Umlaufszeit		22 —	37′ 22″,9
Distanz des sechsten Trabanten vom Saturn		.	36″,7889
— — siebenten — — —		. .	28″,6689

Diese Messungen gründen sich *) auf die Kepplerschen Gesetze, und eine Messung des 4ten Trabanten in seiner größten Elongation, welche 3′ 8″,918 giebt, (die Redectionen sind nach de Lambre Saturn und Maiers Sonnentafeln gemacht).

3) Ehe wir diese Trabantenwelt, die mit so auffallender Schnelligkeit ihren Haupttrabanten umkreißt, und ihre weitere Naturgeschichte ausführlicher betrachten, wenden wir uns zu dem zweyten Punkte: der Geschichte des Saturnusrings.

*) Siehe Abhandlung v. J. 1790. Die Messungen sind genommen den 30. Novbr. 1789 wie folgt:

23 U. 36 M.	Distanz	3′ 12″,379.	23 U. 52 M.	Distanz	3′ 10″,494.
— 42	—	10″,972.	59	—	10″,579.

Mittel der Zeit 23 48.
Mittel der Distanz 3′ 11″,106.

1. Herschel führt uns in die wunderbare Abwechslung von Erscheinungen, die dieser Ring gewährt, frey um den Saturn schwebend, wie ein aus einander geflossener Trabant, durch einige Beobachtungen und Abbilder ein *), welche auf die Perioden zurückgehen, da der Ring nur als eine schmale Lichtlinie erschien, oder gänzlich verschwand; dann 14 Jahre nachher sich erhob und die nördliche Fläche des Rings sich entwickelt von der Sonne beleuchtet darstellt. Die Theilung des Rings giebt er gleichfalls in Abbildung, und knüpft daran Folgendes über die physikalische Beschaffenheit desselben. Der schwarze Streif oder Zone (wie er sie damals noch, sein Urtheil zurückhaltend, nannte) oder Scheibe, ist nicht in der Mitte; auch nicht (wie in einigen Büchern Zeichnungen vorkommen) in mehrere getheilt: seine Gestalt wechselt nicht Farbe oder Innhalt, wie etwa die Streifen des Jupiters oder Saturns; die Figur desselben in ihrer Perspective giebt, daß er zwischen zwey koncentrischen Kreisen begränzt ist. Die wirkliche Theilung des Rings in zwey Theile nahm Herschel damals noch nicht an, bis entschiedenere Beobachtungen über die untere südliche Seite des Rings uns zu Theil würden, oder wir Sterne durch diesen leeren Zwischenraum sehen, wie zwischen dem Ring und Saturn; oder auch Kenntniß seiner Umdrehung uns neue Ansichten vorbereiten. Daß er eine körperliche Substanz ist, ergiebt sich aus der Beständigkeit seiner Gestalt, dem Schatten, den er wirft, und den Saturn auf ihn wirft, welches Herschel in großer Schärfe sah. Er ist heller als der Planet. Herschel richtete mit 410facher Vergrößerung sein 7füßiges Teleskop nach Saturn und dem Ring den 27. April 1777, und fand, daß der Planet nicht Licht genug hatte, während der Ring hinlänglich hell war. Den 11. März 1780 fand er mit 222, 332, 449facher Vergrößerung das Licht des Saturns weniger hell als des Rings: bey diesen starken Vergrößerungen zog sich das Licht des Körpers in das Gelbliche, während das des Rings immer weiß blieb.

2. Die merkwürdigste Eigenschaft des Rings ist seine außerordentliche Dünnheit: Das Jahr 1789 war in dieser Hinsicht äußerst günstig (— welch ein schreckensvolles Jahr der Umkehrung in andern Sphären —) da der Ring sich wendete, und seine südliche Fläche der Erde zuwandte; um diese Zeit herum sah Herschel den ersten, zweyten und dritten, ja sogar die von ihm entdeckten 6ten und 7ten Trabanten, vor und hinter dem Ring so herum sich wälzen, daß sie als ganz vortreffliche Micrometer dienten, um seine Dünnheit darnach zu messen. Herschel führt mehrere solcher Beyspiele, vorzüglich auch in dieser Hinsicht an, um einige Erscheinungen zu erklären, die von andern Astronomen beobachtet worden sind. — Es ist nicht überflüssig, hier zu be-

---

*) Drittes Buch. Tafel I. Nro. 5. Fig. 1. 2.

merken, welche Achtung und Werth hier Herschel ältern Beobachtungen, wiewohl mit unvollkommenen Werkzeugen gemacht, ertheilt; überzeugt, daß günstige Umstände, besonders Zusammentreffen von Aufmerksamkeit und eigenthümlicher Entwicklung der Erscheinungen, bisweilen einen Blick in die Verhältnisse der Natur erlauben, welcher auch durch die höchste Kunst nicht erzwungen werden kann. — Das merkwürdigste dieser Beyspiele ist folgendes: den 29. August 22 Uhr 12 Min. 25 Sek. war der dritte Satellit auf dem Ring, nahe am Ende des westlichen Arms; die Bemerkung, die Herschel damals machte, war, daß der Arm nicht der vierte, wenigstens nicht der dritte Theil des Trabanten war, den er nach seiner damaligen Lage, kaum im Durchmesser eine Sekunde haltend, annahm; zu derselbigen Zeit sah er auch den siebenten Satelliten, in einer kleinen Entfernung dem dritten folgend, wie eine Perle auf einem Faden, über den nämlichen Arm zu beyden Seiten sich heraufwerfend: der Arm war also dünner als der 7te Trabant, dieser ist beträchtlich kleiner als der 6te, der selbst etwas kleiner ist als der 3te. — Wenn etwas Entscheidendes für die Bildung der Trabantenwelt im Sonnensystem, also auch des Sonnensystems selbst, Aufschlüsse geben könnte, so wäre es die hier von Herschel zuerst versuchte Vergleichung der Durchmesser des Rings und der verschiedenen Trabanten. Es ist natürlich anzunehmen, daß der Ring die Rolle eines Trabanten oder einer Trabantenfläche oder Zone spielt, also sein Durchmesser um so kleiner seyn wird, je mehr er seine Gestalt in das Flache und Ringförmige gezogen hat. — Doch hält es möglich, daß die Strahlenbrechung in der Atmosphäre des Rings diese Erscheinung von dem Aufgereihetseyn der Trabanten auf seiner Linie hervorgebracht habe; ein Gedanke, der noch kühner unsere Begriffe von Luftmeeren (oder Atmosphären) steigert. — Die gewöhnliche Meynung, welche die Dünne des Rings aus seiner nur kurzen Unsichtbarkeit unter der Voraussetzung einer ebenen Randbegränzung herleitet, wird von Herschel verworfen aus optischen Gründen; und daraus auch, daß er in seinen Teleskopen den Ring noch sieht, wenn er andern verschwunden, und wir wirklich gegen die unerleuchteten Randgränzen gerichtet sind; auch aus der Wahrscheinlichkeit, daß sein Rand eine Art sphärischer Gestalt habe.

3. Der Ring hat eine Umdrehung Die Unebenheiten und Hervorragungen, überhaupt helle Ungleichheiten in der Oberfläche des Rings war Herschel Anfangs geneigt nicht anzunehmen; „die Idee von hervorragenden Punkten auf dem Ring des Saturns ist in der That in sich selbst hinlänglich, um die Meynung ihres wirklichen Daseyns unannehmlich zu machen, wenn man die unmäßige Größe bedenkt, welche diese Punkte haben müßten, damit wir sie aus der großen Ferne, in der wir uns vom Planeten befinden, sehen könnten."

Doch es war unmöglich, die Erscheinungen des Rings alle, bloß durch die Annahme von Trabanten, oder etwa atmosphärische Erscheinungen, den Ring in größerer oder geringerer Weite umfassend, zu erklären; sie waren mannichfacher Art, und zeigten mit Herschels Worten „helle Punkte, wie austretende Monde — kleine Ungleichheiten auf der westlichen Projection des Rings, — wie Ahndungen eines neuen Trabanten — der westliche Arm des Rings ist viel heller — der Ring ist mit hellen Punkten beladen — der eine Arm ist knotiger als der andere. — Es sieht aus wie wenn ein heller Punkt, Trabanten ähnlich auf dem Ring sich gelagert hätte;" und so fort.

Die Beobachtungen des hellsten und am genauesten beobachteten Punkts oder Flecks von fünfen, welche er vom 23. Juli bis 23. Decbr. verfolgte, gaben eine Umlaufszeit von 10 Stunden 32 Min. 15",4, also eine Distanz von 17,227 Sekunden. War es ein Trabant, so mußte er auf dem Ring liegen; man müßte dann den Ring flüssig annehmen, daß der Trabant auf ihm herumrollen konnte, oder eine Grube oder Loch, Theilung im Ring, wodurch der Trabant durchgeht in seiner Bahn. Gegen die Flüssigkeit spricht die scharfe Begränzung, die Zartheit derselben, der größere Glanz. Bisweilen schien wirklich ein heller Punkt über beyde Flächen des Rings hervorzuragen, wie ein durchgehender Planet; doch war dieser in größerer Distanz und mehr gegen den Rand des Rings. Gegen die Ansicht, daß es ein Trabant sey, spricht auch dieß, daß das Licht oder die Größe eines solchen hellen Punkts so sehr veränderlich ist; daß Herschel ihn manchmal selbst am Vollmond sah, während er ein andresmal mehrere Umläufe hindurch unsichtbar blieb. Endlich ist die Menge solcher hellen Punkte hauptsächlich der Annahme von Trabanten entgegen.

Es sind also verschiedene helle Punkte auf der Oberfläche des Rings fest, und von ihm während seiner Umdrehung umhergeführt. Herschel erklärt sich hierauf: „Uebrigens ist zu bemerken, daß ein heller, und dem Ansehn nach hervorragender Punkt existiren kann, ohne eine große Ungleichheit auf der Oberfläche des Rings. Ein lebhaftes Licht, zum Beyspiel, hat das Ansehen, wie wenn es sich weit über die Gränzen des Körpers hinaus projicirte, auf dem es sich befindet. Wenn demnach die leuchtenden Stellen des Rings sehr helle lichtreflektirende Gegenden sind, oder ihr Daseyn veränderlichen unruhigen (fluctuirenden) Kräften verdanken (als da inwohnendem Feuer, das mit großer Heftigkeit wirkt), so ist nicht nöthig, daß wir uns den Ring des Saturn sehr uneben oder verzerrt vorstellen, um uns die beobachteten Erscheinungen zu gewähren. In diesem Sinn ist also immer noch die Idee von hervorragenden Punkten, oder ungeheuren Bergen erhöhter Oberfläche zu verwerfen."

Die Uebereinstimmung der Beobachtungen mit der angenom-

menen Periode, namentlich des hellsten Flecks ist aus der Beylage zu ersehen.

Im Oktober des Jahrs 1789 — wie wir oben gesehen — war der Zeitpunkt, wo die südliche Ringfläche, welche 14 Jahre lang im Dunklen gewesen war, dem Erdbewohner sichtbar wurde; ein Ereigniß, welches Herschel mit großer Ungeduld erwartet hatte. Im Jahr 1790 war die Stellung des Rings noch zu schief, aber später im Jahr 1791 bis ans Ende untersuchte ihn Herschel mit allen seinen Teleskopen, und erweiterte und bestätigte die bisherigen Resultate. *)

4. Der Ring ist wirklich doppelt. „Der schwarze Streif, den Herschel zehn Jahre fortgesetzt beobachtete, war keiner Art von Veränderung unterworfen, sondern blieb immer, beständig von einerley Breite und Farbe; da der Ring, wie wir gesehen haben, in 10½ Stunden etwa sich umdreht, so kommt im Verlauf eines Abends der Theil des Rings, der sich perspektivisch hinter oder vor dem Planeten projicirte, und der nur als eine schwarze schmale Linie den Zwischenraum zeigte, an die Seiten, wo der Zwischenraum wieder dieselbe Breite zeigt. Beyde Ringe sind demnach vollkommen concentrische Kreise. (Kleine Veränderungen ausgenommen, die Herschel bisweilen beobachtete, deren Deutung er aber uns nicht hinterlassen hat.) Die Schärfe der Zeichnung und Begränzung und Licht, welche sich ebenfalls gleich blieb, deutet zu gleicher Weise eine wirkliche Theilung. Der schwarze Streif auf der südlichen Fläche des Rings ist in gleicher Lage, von gleicher Breite und in gleicher Entfernung von dem äußern Rand, wie der auf der nördlichen Fläche; er ist so dunkel wie der leere Raum zwischen Saturn und dem Ring.

5. Die Theilung des Rings in mehrere Theile ist zweifelhaft. Die Umdrehung beyder Ringe, und das Vorhandenseyn eben der Theilung trägt offenbar zum Bestand dieses wundervollen Ganzen bey. Vielleicht hat der innere Ring, gemäß den Kepplerschen Gesetzen, eine andere Rotationsperiode. Da nur die Cohäsion diese Gebilde zusammenhält, so entsteht die Frage, ob vielleicht — so auffallend und widerstrebend der Gedanke auch ist — Veränderungen in diesem System sich ereignen, die Ringe sich theilen und wieder sammeln. Diese Frage tritt auch auf, weil ältere Beobachtungen von Cassini, und andern, über eine mehrfache Theilung des Rings aufgeführt werden. Es wäre allerdings unerhört, solche Veränderungen in so bewundernswürdigen Systemen, solcher großartigen Dimensionen, zuzugeben.

Herschel hat aus dieser Veranlassung die ganze Reihe seiner Beobachtungen durchgesehen, und nur 4 Beobachtungen, alle vom

*) S. die Abhandlung v. J. 1791.

Junius 1780, gefunden, wo er noch eine zweyte theilende schwarze Linie gewahr wurde *). Sofort müßten also Gründe der Möglichkeit angeführt werden, daß gerade nur in dieser Stellung und Beleuchtung des Rings diese doppelte Theilung sich zeigte **). — Die alten Beobachtungen, welche für eine mehrfache Theilung zeugen sollen, beseitigt Herschel also: „La Lande sagt in seiner Astronomie III. Theil S. 441, Cassini habe ihn durch eine kleine schmale Linie in zwey gleiche Theile getheilt gesehen. La Place (in dem Memoire über den Ring des Saturns) meldet, Cassini sah den Ring in zwey beynahe gleiche Theile getheilt. Es möchte sich aus dem Angeführten ergeben, daß Cassini nicht ins Besondere auf die Theilung des Rings aufmerksam war, seine Verhältnisse betreffend; dann stimmen meine und seine Beobachtungen vollkommen überein; hat er aber irgendwo ausdrücklich bemerkt, daß der Ring in zwey gleiche Theile getheilt war, und sind wir sicher, daß er besonders auf diesen Umstand seine Aufmerksamkeit richtete, so folgt augenscheinlich, daß der Ring seit seiner Zeit eine sehr kapitale Veränderung in seinem Bau erlitten hat."

„La Lande versicherte Short, daß er mit seinem 12füßigen Teleskope viele Theilungen auf dem Ring gesehen habe. Ein Umstand von solcher Bedeutung und so neu hätte wohl auf eine genügendere und umständlichere Weise mitgetheilt werden sollen, als nur aus dem Gedächtniß, im Gespräch der Unterhaltung, an eine andere Person. Ueberdieß ist wohl bekannt, daß manche Teleskope doppelte und dreyfache Bilder geben, und daß besonders die von großer Oeffnung Zitterungen erleiden, wodurch kleine Linien doppelt erscheinen. Aus diesen Gründen können wir kaum Beobachtungen gelten lassen, welche nicht hinlänglich begründet erscheinen. Das Gesagte ist aber keineswegs gemeynt, Herrn Shorts Beobachtungen herabzusetzen; dieß, wie ich hoffe, wird auch augenscheinlich, wenn man sich erinnert, wie sorgfältig bedenklich ich eben vorhin 4 meiner eigenen Beobachtungen bei Seite legte, weil ich sie für nicht hinlänglich bestätigt hielt."

Hadleys Beobachtung über die Theilung des Rings, mit einem 5½füßigen Newtonischen Reflector — welches gewiß ein sehr vortreffliches Instrument war, stimmt vollkommen gut mit der Meynung überein."

Herschel folgert demnach, daß kein Grund vorhanden sey, den Saturnusring von veränderlicher Natur zu halten; die Theilung in zwey sehr ungleiche Theile ist jedoch außer allem Zweifel; das Endurtheil über seinen Bau hängt von weitern Beobachtungen ab.

6. Die Messungen giebt Herschel wie folgt.

1791 den 7. Okt. mit dem 20füßigen Durchmesser des Rings 53″,366 reducirt auf die mittlere Entfernung 46″,832.

*) Drittes Buch. Taf. I. Nro. 5. Fig. 3. 4. 5.

**) S. die Anmerkung 2.

Zwey Messungen mit dem 40füßigen im Oktbr. und November desselben Jahrs geben 46,522. Im Mittel 46,677, daraus ergiebt sich nach Herschels Berechnung sein Verhältniß zum Erddurchmesser, wie 25,8914 zu 1; von der Sonne aus in der mittlern Entfernung von der Sonne gesehen erscheint er unter einem Winkel von 7′ 25″,332. Sein Durchmesser beträgt 204833 Meilen englisch.

Die Dimensionen des Rings und seiner Theilungen und des Zwischenraums, der beyde trennt, sind näherungsweise folgende:

		in Erddurchmesser.
Innerer Durchmesser des kleinern Rings	5900 Theile	
Aeußerer	7510 —	
Innerer Durchmesser des größern Rings	7740 —	
Aeußerer Durchmesser	8300 —	25,8914
Breite des innern Rings . . .	805 —	
Breite des äußern Rings . . .	280 —	
Breite des leeren Raums . . .	115 —	

daraus, mit obiger Messung, ergiebt sich der leere Zwischenraum 2339 Meilen.

6. Eine Messung über die Dicke des Rings hat Herschel nicht angegeben, dagegen noch über seine Lichterscheinungen Folgendes: „der äußere Ring ist minder hell als der innere; dieser ist sehr helle, dicht an dem theilenden Raum, ungefähr in der Hälfte seiner Breite fängt er an seine Farbe zu ändern, und wird allmählig lichtschwächer, und eben an der innern Kante ist er beynahe von derselben Farbe, wie der dunkle Theil des fünffachen Streifens."

4) Dieß führt uns unmittelbar auf den dritten Punkt; die atmosphärischen Erscheinungen, Umdrehung und Gestalt des Saturns. Die ältesten Beobachtungen sind vom Jahr 1775, und während der 14jährigen Dauer bis zum Jahr 1789 würde ihr Daseyn, ihre Veränderlichkeit, ihre Mischung mit wolkenartigen Figuren und Gestalten; ihre bestimmte Richtung und Parallelismus mit dem Ring — welches also die perspektivische Erscheinung von Bogen erzeugt — hinlänglich erweisen. Mehrere fanden sich, bald heller, bald dunkle, längs dem Aequator bald nur einzelne. Herschel folgerte damals schon, daß Saturn eine sehr beträchtliche Atmosphäre hat. Er bestätigt dieß auch durch die Erscheinungen bey den Entdeckungen der Trabanten; er sah den siebenten Trabanten oft 20 Minuten lang an der Scheibe hängen, den sechsten 14—15′ lang; während dieser Zeit sie wegen ihrer großen Geschwindigkeit einen bedeutenden Bogen durchlaufen. Ob diese hellen und dunklen Streifen bloß die Wolkendecke seyen, oder die hellern uns die Oberfläche des Planetenkörpers anzeigen, entscheidet Herschel nicht. Er hatte schon früher die Bewegung dieser Streifen, solcher — durch Gestalt sich auszeichnender Flecken bemerkt, und die

Untersuchung über die Umdrehung des Planeten um seine Achse daran geknüpft. Schon das Daseyn solch entschiedener Streifen, in bestimmter Richtung und gegebener Breite und Durchmesser, ist nach Herschel ein Beweis von einer wirklichen und zwar schnellen Umdrehung. Dieß wäre ein höchst wichtiger Satz in der Naturgeschichte der Planetenwelt; er gründet sich aber nur auf Analogien, und ist bis jetzt noch nicht versucht, aus dem Wesen des Planeten und einer Atmosphäre überhaupt denselben zu entwickeln. Es wäre allerdings ein ungemessener Gewinn für die Naturwissenschaft, eine Gleichung, — um in der Sprache der Mathematiker zu reden — zwischen der bloß mathematischen Umdrehungsintensität eines Planeten, und der chemisch oder physischen Entwicklung seiner Atmosphäre zu finden. Welche Erweiterung unserer Ansicht über die Gesetzmäßigkeit wirkender Kräfte; Abhängigkeit von der Entfernung ist das allgemeine, was uns die Erkenntniß des Planetensystems und die Lehre der Gravitation gegeben hat; Einfluß der Gestalt weisen uns viele Erscheinungen in dem engern und innern Kreise unserer irdischen Haushaltung auf; sollte der Zustand von Ruhe und Bewegung, entweder nach der ursprünglichen Entstehung oder gleichzeitig des Körpers und seiner Atmosphäre, nun auch über seine Entwicklung entscheiden, wäre ein drittes Gesetz für die natürlichen Wirkungen durch die Astronomie erforscht. — Doch Herschel entscheidet über die Umdrehung des Planeten oder seiner Atmosphäre durch Beobachtungen. Er entdeckte einen fünffachen Streifen *) auf dem Saturn, abwechselnd 2 helle, eingefaßt von 3 dunklen; sie waren nicht gleichförmig weder in der Dunkelheit noch der Helligkeit, noch überall scharf begränzt, also, daß die dunklen sich mit den weißen verwischten; ein Streifen war an einigen Stellen heller; alle drey an andern Stellen entschieden gleich schwarz; durch fortgesetzte Beobachtung über die Beständigkeit dieser Erscheinungen, welche vom 11. Nov. 1793 bis 16. Januar 1794 reicht, und Vergleichung derselben, bestimmt Herschel die Umdrehungsperiode des Saturns auf 10 Stunden 16 Min. 44 Sekunden. — Der ganze Zeitraum umfaßt 154 Umdrehungen: allerdings ein bedeutender Zeitraum; wenn man bedenkt die langsame Aenderung in dem Klima des Saturns; dessen Jahr das Erdjahr so vielmal übertrifft, so läßt sich während dieser Zeit eine beständige Gleichförmigkeit annehmen; wiewohl es wünschenswerth ist, in andern Zeiten dieselben Untersuchungen anzustellen, da eine wirkliche Bewegung der Wolkenstreifen doch auch eine Möglichkeit ist. Die Vorsicht Herschels bey dieser Bestimmung leuchtet übrigens zur Genüge hervor.

Noch sind die Untersuchungen Herschels über die Gestalt

---

*) Drittes Buch. Taf. I. Nro. 5. Fig. 6.

der Saturnuskugel mitzutheilen; um so mehr, da sie auf eine Wechselwirkung des Rings und der Planeten andeuten, die vielleicht nicht bloß auf allgemeine attraktive Kräfte zielen. In seiner ersten Abhandlung vom Jahr 1789 machte Herschel die Messungen der beyden Durchmesser des Saturns bekannt, — das berühmte Jahr, in welchem der Ring durch die Erde gieng — und fand den 14. Sept. 1789 folgende Größen:

Aequatorialdurchmesser	22″,81
Polardurchmesser .	20″,61

Dieß giebt für das Verhältniß des Aequatorial- und Polardurchmessers beynahe 11 zu 10. Die Messungen sind genommen in der Linie des Rings, die Polarachse ist also auf der Ebene des Rings senkrecht. Später bestimmte er dieß Verhältniß 22,81 zu 20,61, als das erwiesene. Immer war er auch, bey allen seinen Beobachtungen von dem Gedanken ausgegangen, er sey wie die übrigen rotirenden Körper sphäroidisch. Wenn er auch bisweilen etwas Unregelmäßiges in andern Theilen der Kugel wahrnahm, so schrieb er es dem Dazwischentreten des Rings zu, der uns nicht den ganzen Umriß erblicken läßt. Neue Untersuchungen mit seinem 10füßigen — auf dessen Kraft er nach damaliger Untersuchung im Jahr 1805 vollkommen vertrauen konnte — führten ihn zur Erkenntniß der sonderbaren Gestaltung. Saturns Figur ist nicht sphäroidisch *) wie die des Mars oder Jupiters; die Krümmung ist geringer am Aequator und den Polen als in der Breite von 45 Grad ungefähr; der Aequatorialdurchmesser ist darum doch beträchtlich größer als der Polardurchmesser; die Gestalt ist, ungefähr wie ein Quadrat oder Rechteck, die vier Ecken tief abgerundet, aber nicht so stark, daß ein Sphäroid entsteht. Herschel fragte alle seine Instrumente um Rathe, und alle gaben dasselbe Zeugniß; „Wenn einmal unsere besondere Aufmerksamkeit auf einen Gegenstand gerichtet ist, sehen wir Dinge auf den ersten Blick, die uns sonst entgangen wären." Er verglich abwechslungsweise die Gestalten Jupiters und Saturns mit einander; im 40füßigen im großen 10füßigen, und fand Polar- und Aequatorialgegenden des Jupiters mehr gekrümmt als die Saturns, welche vergleichungsweise viel flacher sind. Er nahm auf verschiedene Weise mit verschiedenen Teleskopen Messungen der größern und kleinern Durchmesser und ihrer Lage gegen einander; und giebt am Ende der Abhandlung vom J. 1805 als Resultat folgende Verhältnisse.

Durchmesser der größten Krümmung . .	36 Theile
Durchmesser des Aequators	35 —
Polardurchmesser	32 —
Breite des größten Durchmessers . .	43° 20′.

Letztere Bestimmung giebt die Lage des Parallels, auf welchem

---

*) Drittes Buch. Taf. II. Nro. 6. Fig. A.

die größte Krümmung statt findet. Die Figur *) ist ein getreues Abbild. Herschel zeichnete nämlich ein abgeplattetes Sphäroid mit den früher bestimmten Verhältnissen des Aequatorial- und Polardurchmessers, verglich es mit dem Original, das im Teleskop sich zeigte, und änderte das Abbild so lange, bis es dem im Teleskop gesehenen Urbild gleich wurde; eine höchst sinnreiche Anwendung der Micrometermethode; die er bey den Doppelsternen zuerst in Ausübung gesetzt. Was die Ursache der Zunahme der Krümmung der Kugel in der Breite von 40 Grad etwa oder 45 Grad sey, deutet Herschel nur an, indem er das Spiel doppelter centrifugaler und attraktiver Kräfte im Ring und dem Saturnskörper bemerkt.

Herschel bestätigt seine durch die fortgesetzte Uebereinstimmung im Jahr 1806 angestellten Beobachtungen, und führt auch eine ältere vom Jahr 1788, welche darauf hindeutet, an. Veränderungen, die etwa bemerklich waren, sind Folge veränderter Stellung des Auges, des Rings.

Zugleich giebt er einige Beobachtungen über Veränderungen im Glanz und Farbe der Streifen, der Oberfläche gegen die Pole zu; wolkenartige Erscheinungen, die das Daseyn einer Atmosphäre und klimatische Entwicklungen durch den Einfluß der Sonne beweisen. Daß der Ring selbst auch eine Atmosphäre habe, wird aus einer sonderbaren Erscheinung, welche eine ungleiche Form der nördlichen und südlichen Polargegend darstellte, und von Mehrern und mehrmals beobachtet worden ist, geschlossen. Sie kann nicht als eine Illusion, sondern muß als Wirkung der Strahlenbrechung angesehen werden; die Atmosphäre des Rings beugt die Strahlen, der Südpol liegt hinter dem Ring und der Nordpol vor dem Ring, die vom Südpol gehen also durch die Atmosphäre des Rings durch, und erzeugen eine scheinbare Hervorragung desselben. Die Erscheinungen, nach welchen die Trabanten durch den Ring getheilt sind, deuten sich auf dieselbe Weise.

5) Der letzte Punkt ist die Entdeckung der Achsendrehung des fünften Saturnstrabanten. An sich wäre das isolirte Faktum nicht von so großem Werth; es erhält ihn aber durch den Zusammenhang und durch die Aufstellung eines wahrscheinlichen allgemeinen Gesetzes für die Trabantenwelt, daß ihre Rotations- und Umlaufsperiode identisch ist: es erhält seinen Werth auch dadurch, daß es einem ältern Astronomen rühmlich wird, und zugleich beschämend für die Gleichgültigkeit, welche einzelne Beobachtungen nicht verfolgt.

Herschels Resultat ist folgendes: „das Licht des Satelliten ist in vollem Glanz, während er sich in dem Theil seiner Bahn bewegt von 68 bis 129 Grad nach seiner untern Conjunction.

*) Drittes Buch. Tafel II. Nro. 6. Fig. 1. 2. 3.

Während er diesen Bogen durchläuft, ist er nicht um eine Klasse an Helligkeit geringer als der 4te. Dagegen 7 Grad nach der Opposition bis zur untern Conjunction, ist er nicht bloß weniger hell als der 3te, sondern kaum, höchstens, etwas heller als der 2te, oder eben wie der erste; vorausgesetzt, letzterer sey dann in seiner größten Ausweichung, wo sein Licht durch die Helligkeit des Planeten nicht behindert ist. Im Ganzen beträgt die Veränderung so viel, als man bey Sternen sagen würde, mit bloßem Auge, von der 5ten bis zur 2ten, und von der 2ten bis zur 5ten Größe."

Herschels Beobachtungen umfassen 10 Perioden, innerhalb welcher dieser Wechsel von Erscheinungen gleich blieb; woraus er schließt, daß die Periode des Umlaufs gleich ist, wie bey unserm Mond, der Rotationsperiode; daß jener Satellit gleichfalls Flecken, hellere oder dunklere, habe; daß weder die hellste noch die dunkelste Seite gegen den Planeten gekehrt ist, wiewohl weniger von der hellen; daß die Regelmäßigkeit dieser Erscheinung gleichfalls auf eine Reinheit der Atmosphäre hindeute, wie wir sie an unserm Satelliten gewahren.

Eine ältere Beobachtung von Cassini vom Jahr 1705 meldet, daß der 5te Satellit regelmäßig, in dem östlichen Theil seiner Bahn unsichtbar werde; er macht auch die Hypothese von einer Achsendrehung desselben; widerruft aber im Jahr 1707 Alles. Doch die Uebereinstimmung mit Herschels Beobachtungen giebt den Ausschlag; es sind 397 Umlaufe zwischen Cassini und Herschel vollendet; auch nur eine Rotation mehr als Umläufe in dieser Zwischenzeit gäbe für die 10 Umlaufe während der Trabant beobachtet worden von Herschel, fast 10 Grade, eine Größe, welche nicht unbemerkt geblieben wäre; endlich stimmt auch eine Beobachtung von Bernard vom Jahr 1737 damit überein.

Der Umlauf um den Planeten und die Achsendrehung haben also einerley Periode von 79 Tagen 7 Stunden und 47 Minuten.

„Nicht ohne Vergnügen" denkt Herschel an die entdeckte Analogie, besonders da der 5te Saturnstrabant in so großer Entfernung von seinem Planeten sich befindet.

Er giebt noch mehrere Messungen über die Distanz dieses Trabanten, und findet sie in der mittlern Entfernung vor der Sonne zu 8′ 31″,97. Die Bestimmung der Excentricität seiner Bahn ist künftigen Messungen vorbehalten."

Wenn dieß Gesetz auf den Ring, als einen zerflossenen Trabanten, ausgedehnt werden sollte, so müßte er sich in einerley Zeit wie der Saturn umdrehen; dieß stimmt nicht mit Herschels Beobachtung über die Umdrehung des äußern Ringes; daraus ergiebt sich, daß die Bildung der Trabanten, welche immer dieselbe Seite ihrer Hauptplaneten zuwenden und die Bildung eines Rings, welcher seiner Natur nach dieß thun muß, andern Gesetzen unterworfen ist.

§. III. Jupiter.

1) **Jupiter** ist der größte und glänzendste Planet; seine Trabanten, von ihrem Entdecker Galilei die Mediceischen Gestirne genannt, waren die erste Frucht des durch den italienischen Himmel begünstigten Fernrohrs; die Streifen auf seiner glänzenden Scheibe, ihre Veränderungen, waren frühe beobachtet, und zur Bestimmung seiner Rotation gebraucht; auch die nicht sphärische Gestalt desselben war nicht unbemerkt geblieben.

Der Reiz der Neuheit, oder verborgener, großartig zu erwartender Phänomene begleitete oder regte wohl hier nicht zu Forschungen auf. Als **Herschel** den Gedanken mittheilte, aus Vergleichung der verschiedenen Rotationsperioden die Veränderlichkeit oder Unveränderlichkeit derselben bey den einzelnen Planeten, namentlich auch bey der Erde, zu bestimmen, beobachtete er auch in dieser Hinsicht Jupiter. Er war von frühern Beobachtungen überzeugt, „daß die **Streifen** des Jupiters so oft sich verändern, daß es nicht leicht ist, — wenn es überhaupt möglich ist — sich von der Identität einer dergleichen Erscheinung für einen beträchtlichen Zeitraum zu vergewissern. Nicht allein die schwarzen Flecken ändern ihre Stelle, — man kann sie als große dunkle Ansammlungen von Dünsten und Wolken, die in der Atmosphäre des Jupiters schwimmen, ansehen — sondern auch die hellen Flecken — ob sie gleich fest auf der Oberfläche des Jupiters sitzen mögen — können eine scheinbare Veränderung in ihrer Lage erleiden, wenn sie auf verschiedene Weise, durch Veränderung in den Streifen, bald auf dieser Seite, bald auf jener verdeckt werden, oder hervortreten."

Dieß bestätigte sich auch aus den **Beobachtungen**, wie sie aus den Jahren 1778 und 1779 uns mitgetheilt worden *).

So gab im Jahr 1779 die Beobachtung eines hellen Flecks **seinen** Umlauf vom 14. bis 19. April 9 Stunden 51 Minuten 45,6 Sekunden; und vom 19. bis 23. April 9 Stunden 50 Minuten 48 Sekunden. Diese Beobachtungen wurden vorzüglich genau angegeben, besonders in der Zeitbestimmung.

Herschel sucht diese Erscheinungen durch Aequatorialströmungen in der Jupitersatmosphäre zu deuten; ähnlich denen in unserer Atmosphäre. „Wollte man die wahre Rotation des Jupiters mit Cassini zu 9 Stunden 56 Minuten annehmen, so müßten einige der Flecken, welche Herschel beobachtet hat, ungefähr in 22 Revolutionen durch 60 Grade seines Aequators geführt worden seyn. Dieß ist allerdings eine sehr große Geschwindigkeit für eine Wolkenschichte; doch nicht ohne Beyspiele an Erscheinungen, die sich in unserer Atmosphäre zutragen."

Die Beobachtungen von 1778 beweisen eben so, daß ein

*) Anmerkung 3.

Flecken, welcher in der Atmosphäre des Jupiters fortgeführt wird, im Allgemeinen einer Beschleunigung unterworfen ist; oder was dasselbe ist, seine Rotation oder Umlauf in immer kürzerer Zeit vollbringt. Die Perioden, welche beobachtet worden sind:

Vom 25. Febr. bis	2. März	9 Stund.	55 Min.	20 Sek.
—	3. —	9 —	55 —	24 —
—	14. —	9 —	55 —	4 —
Vom 2. März bis	3. —	9 —	55 —	40 —
—	14. —	9 —	54 —	58 —
Vom 3. März bis	14. —	9 —	54 —	53 —

Bis ein Fleck nämlich dieselbe Geschwindigkeit erhält, wie die Strömung der Luftschichte, in der er fortgeführt wird, oder wie die dort wehenden Winde, dauert es immer einige Zeit. Nebenbey kann man bemerken: wenn die Jupitersflecken in verschiedenen Zeiten seines Jahrs beobachtet würden, und sich ergäbe, daß sie bald schneller, bald langsamer sich bewegen, so wäre die Aehnlichkeit mit unsern periodischen Winden und Monsoons noch mehr bewiesen. Ist aber die Achse Jupiters nicht stark genug gegen seine Bahn geneigt, um solche Veränderungen hervorzubringen, so können sie wohl immer nach derselben Richtung strömen.

Abgesehen von dem Zwecke, die Umdrehung zu bestimmen, sind uns einige Beobachtungen und Zeichnungen aufbewahrt von den Streifen wie folgt: 1780 May 28. Die Streifen des Jupiters sind gekrümmt, eine Menge derselben ist über den ganzen Planeten verbreitet *).

1790 Jan. 18. Jupiter mit dem 40füßigen. Zwey sehr dunkle breite Streifen, getheilt durch eine Aequatorialzone oder Zwischenraum, dessen Farbe von gelbem Ansehen war. Zunächst den dunklen Streifen auf jeder Seite, gegen die Pole zu, sind helle und dunkle kleine Streifen, abwechselnd, fast bis zu den Polen auf beyden Seiten sich fortsetzend.

1780 April 6. Jupiter **) sehr schön; sobald Herschel ins Teleskop sah, erblickte er, ohne vorher eine Vermuthung gehabt zu haben, den Schatten des Satelliten, und diesen selbst etwas weiter unten, auf der Scheibe. Der Schatten war so dunkel und scharf begränzt, daß er es wagte, ihn zu messen; der Durchmesser war mit dem Micrometer gefunden 1'',562. — Diese Messung des Schattens hat ein Gegenstück in folgender Beobachtung.

1792 März 15. 11 Uhr 54 Minuten. Mit dem 20füßigen Reflektor Vergrößerung 800, schätzt Herschel den schein-

*) Abhandlung v. J. 1793. Drittes Buch. Taf. I. Fig. 7.
**) Fig. 8.

baren Durchmesser des größten Jupiterstrabanten kleiner als ¼ vom Durchmesser des Georgsplaneten, der eben beobachtet ward. Mit 1200 erscheint er in demselben Verhältniß kleiner. Mit 2400 kann man die Scheibe des Satelliten klärlich sehen. Mit 4800 ist der scheinbare Durchmesser des größten Satelliten kleiner als ¼ vom Durchmesser des Uranus.

Einige zerstreute Bemerkungen über die Gestalt der Jupitersscheibe in Vergleichung mit den auffallenden Saturnsumrissen finden sich in der Abhandlung über letztere v. J. 1806. Jene ist mehr gekrümmt, sowohl am Pol als am Aequator: und augenscheinlich verschieden. Man könnte die eine ein Ellipsoid, diese ein Sphäroid nennen.

2) Eine größere Arbeit *) über die Trabanten des Jupiters hat Herschel im Jahr 1794 begonnen; das Andenken Galileis ohne Zweifel dadurch ehrend. Nach der Entdeckung der Umdrehungsperiode des 5ten Saturnstrabanten **), welcher die Analogie mit unsern Trabanten so auffallend darlegte, war die Bestätigung dieses Gesetzes für die übrige Trabantenwelt eine nothwendige Aufgabe; Herschel fand sie allerdings im System Jupiters bestätigt, es ergaben sich aber noch Erscheinungen, an sich merkwürdig, wie es scheint aber widersprechend und mit einander unvereinbar; wobey spätere Beobachtungen entscheiden müssen.

Bey der Nähe, in welcher Jupiter noch sich gegen uns befindet, war es möglich die Beobachtung auf die Größe, die Helligkeit und die Farbe auszudehnen. Die Resultate — in welchen Glanz und Größigkeit vereinigt betrachtet werden — enthält folgende Tafel: „der Gleichförmigkeit wegen scheint es das Beste, die Schätzungen der Größe auf die der Helligkeit zurückzuführen; da man wohl voraussetzen kann, daß wenn ein Satellit zu irgend einer gegebenen Zeit im Verhältniß größer als ein anderer war, als vorher; so wird er jetzt auch heller seyn als er vorher war; wobey gehörige Rücksicht genommen werden muß auf das Licht oder die Helligkeit des Satelliten, mit welchem er der Größe nach verglichen worden."

*) S. die Anmerkung 4.
**) (Im vorhergehenden §.)

Tafel

Tafel über die Helligkeit der Jupiters-Trabanten in den verschiedenen Punkten ihrer Bahn.

Mittlere Zeit.	U.	M.	I. Trabant.		II. Trabant.		III. Trabant.		IV. Trabant.	
Jul. 19.	9	21	127°	sehr hell.	346°	dünn	179°	dünn	46°	bed. hell
— 21.	8	57					278	sehr hell	89	—
— 26.	8	56	124	— —	335	ziml. d.	169	— —	205	dünn
— 28.	8	59	171	— —	176	(?)	270	— —	248	—
— 30.	10	27	231	— —	25	dünn	13	dünn	292	—
— 31.	8	40	59	dünn	118	sehr hell	60	sehr hell	312	—
Aug. 1.	8	56	265	sehr hell	221	sehr hell	111	— —	334	sehr hell
— 9.	8	42	83	— —	310	d.	152	b. hell	138	dünn
1795.										
Spt. 30.	7	37	294	dünn	62	b. hell	219	— —	100	sehr —
Oct. 2.	7	32	341	— —	264	sehr —	319	— —	143	— —
1796.										
Aug. 18.	8	21	115	— —					191	— —
Spt. 15.	7	44	36	dünn	328	d.	198	sehr hell		
— 21.	7	19	172	hell	214	b. h.	138	b. —	210	—
— 24.	8	38	74	— —	163	d.	305	z. —	275	—
— 30.	7	27	206	—	46	b. h.	244	—	36	— hell
Oct. 15.	7	44	28	dünn	130	sehr —			5	—
— 15.	10	15	49	nimmt zu						
— 16.	10	39	256	sehr hell	243	b. hell	334	b. —		
— 25.	7	25	261	dünn	72	sehr —	59	—		
Nov. 3.	9	0	306	zu dünn	270	b. —	151	z. —	58	— —

Die Schwierigkeiten dieser Beobachtungen der Helligkeit, und die Zweifel, welche deßwegen erhoben werden könnten, entwickeln sich aus Folgendem. „Der Zustand der Atmosphäre“ von einer Nacht zur andern hat nur dann Einfluß auf die Schätzung der Helligkeit, wenn man sich ein eingebildetes Maß von Helligkeit für jeden Trabanten als normal vorstellt; wenn man aber sich gewöhnt und geübt hat nur die comparative Helligkeit der Satelliten gegen einander zu schätzen, wird jeder durch den Zustand der Atmosphäre auf gleiche Weise afficirt. — Dabey tritt aber dann eine „neue andere Ursache von Täuschung“ ein. Die Stellung der Trabanten, mit welchen ein gegebener der Helligkeit nach verglichen werden soll, ist veränderlich, also auch ihr Licht selbst; die Gesetze, nach welchen dieser Wechsel statt findet, müssen demnach auch vollständig untersucht werden. — Die Vergleichung des Trabantenlichts mit der verschiedenen Helligkeit der Jupiters-Streifen „wird meistens fehlschlagen,“ denn abgesehen von der schnellen Umdrehung der Scheibe, sind wir nie hinlänglich versichert, ob diese Theile der Scheibe einige Zeit lang denselben Glanz behalten. — Eine sehr wesentliche Schwierigkeit rührt von der Vergrößerung her, welche wir bey der Schätzung anwenden. Ist sie klein, etwa 180 (kleiner dürfte sie nicht wohl

seyn) so hindert uns ihr blinkerndes Licht bey heiteren Nächten, und wir können dann nicht zugleich über die Größe urtheilen; bey starker Vergrößerung hindert uns die Atmosphäre, unterbricht die Reihe der Beobachtungen; was ein wesentlicher Nachtheil ist. Nach dem Zustand der Atmosphäre die Vergrößerung ändern, gibt neue Confusion über den Maßstab des Lichts.

Wenn wir endlich Größe und Helligkeit nicht sorgfältig unterscheiden, so können wir in beträchtlichen Irrthum gerathen und indem wir sagen, der Trabant sey groß, sagen wir er sey hell, welches so eine ganz gewöhnliche Sprache bey Sternen ist. Auch ist unmöglich Licht und Größe in Einen Begriff zusammenzufassen, um etwa dem ersten Blick nach darüber zu entscheiden. „Bey starker Vergrößerung müssen wir beydes trennen."

Die Beobachtungskunst, Erfahrung und Vorsicht leuchtet aus dem eben Angeführten charakteristisch hervor.

Folgende Resultate werden gezogen:

Offenbar ereignen sich beträchtlich Aenderungen in der Helligkeit dieser Trabanten. Dieß ist zu erwarten; diese Körper mögen entweder der Erde ähnlich seyn oder dem Mond, so können sie nicht dieselbe Menge von Licht uns reflectirend zusenden aus allen Stellen ihrer Bahn. Es ergibt sich daraus eine Rotation um ihre Achse.

Das Zweyte, Unerwartete ist, daß die Beobachtungen einen beträchtlichen Wechsel der Größe bey den Trabanten anzeigen. Da jeder zu verschiedenen Zeiten als Vergleichungs-Maßstab genommen wurde für die andern, so sind wir genöthigt, wie sonderbar es auch seyn mag, ein so wohl begründetes Ergebniß anzunehmen. Entweder sind die Körper der Satelliten nicht sphärisch, sondern von eigenthümlicher Gestalt, eine Folge ihres schnellen Umlaufs und langsamen Umdrehungs-Bewegung, (was die Mathematiker untersuchen werden); oder daß einige Theile auf der Oberfläche derselben kaum etwas Licht reflectiren, und darum in gewissen Stellungen das kleinere Aussehen des Trabanten veranlassen.

Was nun das Gesetz betrifft, daß die Rotation der Planeten um ihre Achse genau dieselbe Periode habe, wie der Umlauf um ihren Planeten, wird es aus der Betrachtung der Tafel zu einigen besondern Bemerkungen Veranlassung geben.

Bey dem ersten Trabanten ist entschieden, während einer 470fachen Umdrehungs-Periode immer die Erscheinung des Hellerseyns in einer und derselben Hälfte seiner Bahn beobachtet worden; und zwar die Mitte der Helligkeitsdauer ist in der Hälfte zwischen der größten östlichen Ausweichung und dem nächstgelegenern Theil seiner Bahn: oder wenn er gegen die Conjunction sich bewegt.

Der zweyte Trabant ist zwar keinen so großen Veräu-

derungen unterworfen, vielleicht hat er nur einen geringen Theil seiner Oberfläche, welcher weniger Licht zurückwirft; doch ist dasselbe Gesetze auch für ihn gültig. Eine Anomalie findet statt bey seiner Stellung 163°. Vielleicht hat in der Nähe der Conjunction das überwiegende Licht des Planeten Einfluß auf die Schätzung (worauf gewöhnlich nicht Rücksicht genommen worden); beym 3ten und 4ten Trabanten kommt ein ähnliches vor bey 179°. Vielleicht finden zufällige Veränderungen auf der Oberfläche der Trabanten statt, welche diese temporäre Irregularität in ihrer Helligkeit veranlassen. Doch bedarf dieß noch größerer Bestätigung. Seine hellste Seite bietet er gegen uns zwischen der größesten östlichen Ausweichung und der Conjunction. Seine Achsendrehung beträgt demnach 3 Tage 18 Stunden 17,9 Minuten.

Der dritte Trabant zeigt keinen bedeutenden Lichtwechsel; zur Zeit seiner beyden Elongationen ist er in vollem Glanze. Vielleicht ist er lichtschwächer auch nach der Opposition. Damit stimmen die zwey unabhängigen Beobachtungen bey 151° und 152. Er dreht sich demnach um seine Achse in 7 Tagen 3 Std. 69′6.

Der vierte Trabant zeigt uns einige helle Ansichten, wenn er sich der Opposition nähert, und bey seiner Rückkehr zur größten östlichen Ausweichung. Sonst ist er meist lichtschwach. Auch seine Farbe ist beträchtlich von den drey andern Trabanten verschieden.

Man kann nicht umhin die Bemerkung zu machen, wie die Trabantenwelt immer bedeutender und entschiedener sich zeigt, wenn man die Resultate obiger Beobachtungen zusammen nimmt.

---

§. IV. Die Asteroiden.

1) Nach ungefähr 20 Jahren, seit der Entdeckung des Uranus, führte der Astronom auf der südlichsten Sternwarte von Europa Piazzi einen neuen Planeten in die Reihe der übrigen ein, der als das fehlende Glied in der Kette, die sich bis zum Uranus nun ums Doppelte ausgedehnt hatte, zwischen Jupiter und Mars gestellt, mit Freuden begrüßt wurde. Nichts zeigte die großen Fortschritte der Astronomie seit jener Epoche, und die vermehrte Thätigkeit, als die bald darauf erfolgten Entdeckungen dreyer anderer Planetchen, die gleichsam einen Verein mit dem ersten zu bilden scheinen, und durch die Winzigkeit ihrer Verhältnisse die bisherigen Ansichten zum Erstaunen veränderten.

Für Herschel waren diese Fragmente von Weltkörpern, welche 153tausendmal kleiner sind als Merkur, diese überkleinen Splitter (von unserm Monde weit übertroffen) — die geringer an Durchmesser erscheinen als das, was wir bis jetzt — am Himmel ge-

sehen, — neue Aufgaben, um den Himmel gleichsam mit einem Microscop betrachten zu können. So wie sie den Mathematiker, durch ihre große Excentricität, Neigung und Verwickelung ihrer Bahnen, zur Erweiterung analytischer Rechnung aufregten, so gaben sie auch zu neuen Methoden der Messung Veranlassung; nichts ist aber für Herschel unerwartet, und er sinnt auch hier wieder auf neue Methoden, und führt sie ungehindert aus, indem er die besondern Umstände, welche hier Einfluß haben, durch Versuche systematisch bestimmt.

2) Die erste Messung der Ceres war gemacht den 1ten April 1802, mit dem Scheiben-Micrometer; das Scheibchen, das kleinste, war noch zu groß, und Ceres erschien unter 0,45 Durchmesser des Scheibchens. Die Vergrößerung (aus terrestrischen Messungen mit der gehörigen Reduction auf die Brennweite des Spiegels für Sterne) war 370,42; Entfernung des Scheibchens vom Auge 2131 Zoll; sein Durchmesser 3,4 Zoll; es erschien demnach unter einem Winkel von 5′ 29″,09; da nur Ceres 370mal vergrößert unter 45hundert Theilen dieses Winkels gesehen war, so konnte ihr Durchmesser nicht über 0,40 Sekunden betragen. Das Telescop war ein siebenfüßiges, von 6, 3 Zoll Oeffnung.

Den 21ten April 1802. Die Nacht war ziemlich hell, doch vielleicht nicht so passend für sehr feine Schauungen, als man wünschen möchte. Zehnfüßiges Fernrohr, Vergrößerung 516,54 (wie vorhin bestimmt) erschien die Ceres wie ein Scheibchen von 1,4 Zoll Durchmesser, aus einer Entfernung von 1436 Zoll (diese Entfernung war nach mehrern Versuchen als die beste erkannt); ein kleiner Duft wie eine Art Mähne umgab den Stern, welches vielleicht die Messung nicht so sicher macht. Das Scheibchen erschien unter einem Winkel von 3′14″,33 dem bloßen Auge; Ceres mit der Vergrößerung von 516½ erschien dem bewaffneten Auge ebenso; ihr wahrer Durchmesser beträgt also nur 0″,38.

Den 22ten April ward der kleine Spiegel (der durch Sonnenbeobachtungen etwas gelitten hatte) mit einem neuen vertauscht. Man erhielt die Durchmesser der Sterne ungewöhnlich scharf begränzt; dazu trug vielleicht die günstige und ungestörte Klarheit der Atmosphäre nicht wenig bey. Bey 881, 51facher Vergrößerung wurde Pallas mit einem hellen Scheibchen von 1,4 Zoll Durchmesser in der Entfernung von 1514 Zoll verglichen, der Stern (Planet) erschien so schlecht begränzt, daß, wenn der Fehler im Augenglase lag, es nicht räthlich war die Vergleichung mit einem gut begränzten Scheibchen anzustellen. Bey einer Vergrößerung von 516½ eines andern Augenglases erschien Pallas besser begränzt, aber noch beträchtlich kleiner als das helle Scheibchen; das Scheibchen wurde in die Entfernung von 1942 Zolle gerückt, immer erschien Pallas beträchtlich kleiner.

Ceres wurde nun mit diesem Scheibchen in derselben Di-

stanz verglichen; nach mit gehöriger Aufmerksamkeit fortgesetzten Untersuchung von wenigstens einer Stunde schätzte er den Durchmesser ungefähr ³/₄ vom Durchmesser des Scheibchens. Das Scheibchen erschien unter einem Durchmesser von 2′ 28″,7; also Ceres unter 1′ 51″,52; dieß durch die Vergrößerung dividirt gibt den wahren Durchmesser 0″, 2159.

Um 13 U. 7 Min. Das Scheibchen ward sofort in die Entfernung von 2136 Zoll gebracht und mit Pallas verglichen, die nun in beträchtlicher Höhe in großer Vollkommenheit sichtbar war. Ihr Durchmesser fand sich kleiner als das Scheibchen im Verhältniß 2 zu 3; fortgesetzte Betrachtung, die den scheinbaren Durchmesser der Pallas auf sein Minimum brachte, gab das Verhältniß 1 zu 2. Dieß gibt den Durchmesser der Pallas 0″,17 und nach der letzten Schätzung, wobey die möglich größte Deutlichkeit statt fand 0″,13.

Herschel projicirte das Bild Jupiters auf eine Mauer in der Entfernung von 1313 Zoll und fand, daß es auf derselben einen Raum von 12 Fuß 11 Zoll einnahm. Dieß wird nicht als eine genaue Messung angegeben, kann aber doch die Wirkung der Vergrößerung zeigen.

Nimmt man die mittlere Entfernung der Ceres und Pallas von der Sonne zu 2,6024 und 2,8, und ihre Stellung zur Zeit der Beobachtung in Länge und Breite; in Jungfrau 20°4 und 15°20; für Pallas Jungfrau 23°40′, und 17°30′ Breite, so ergibt sich nach der gewöhnlichen Berechnungsweise verbunden mit graphischer Methode, wo die Elemente mangelt; für die Zeitpunkte der Beobachtung-Distanz der Ceres von der Erde 1,634, und der Pallas 1,8333; Durchmesser in der Entfernung 1, also der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne

für die Ceres, 0″,35127 oder 161,6 Meilen
für die Pallas; 0,3199 — 147 —
oder 0,2399 — 110¹/₃ —

3) Beobachtungen vom Febr. und März über Ceres geben keine Spuren von Trabanten, wenigstens konnte im Umkreis von 40 Sekunden das 20füßige Fernrohr keinen erreichen. Und den 1ten März war im Bezirk von 3 Min. kein Satellit, der die Pallas umgab: wie auch wohl „die geringe Masse derselben nicht wohl passend ist, einen secondaren Körper in seiner Bahn zu halten.“

Die Besonderheit des Lichts zeigen folgende Beobachtungen den 13ten Februar. Ceres ist röthlich, doch nicht sehr tief. — Den 21sten April. Ceres ist viel mehr röthlich als Pallas. — Den 22sten April. Pallas ist von düster weißer Farbe.

Die Beobachtungen über Atmosphäre dieser außerordentlich kleinen Körper sind der Natur nach höchst schwierig und mit Unsicherheit umgeben, wegen der falschen Durchmesser, die jedes

optische Werkzeug hervorbringt, auch wegen der falschen Atmosphären sogar, die sich um die sternartigen Gegenstände anzusammeln scheinen; wie dann bemerkt wird von Herschel, daß eine Beobachtung vom 2ten Mai den Jupiter mit einem äußerst zarten zerstreuten Licht umgeben, was sich beynahe auf 4 oder 5 Grade ausdehnte. Die Beobachtungen zeigen auch, wenn man sie von verschiedenen Tagen vergleicht, oder wenn man die Erscheinungen gleichzeitiger Sterne in Betracht zieht, bald eine größere, bald eine kleinere duftartige Mähne, bald Kern nur, bald Scheibchen, bald nur den Anschein von sternigem Wesen.

4) Es scheint fast unglaublich, Gegenstände, die kaum nur weniger als $1/3$ Sekunde Durchmesser haben, als Planeten anzuerkennen; es scheint noch unglaublicher, wenn man bedenkt, daß selbst diese Durchmesser nur falsche oder scheinbare sind. Herschel richtete also seine Aufmerksamkeit auf die wesentlichsten Punkte, die hier zur Entscheidung gebracht werden mußten; er sammelte seine vorhergehenden mannichfaltigen Beobachtungen in Ein Ganzes, über die Kraft des Sehens bey Doppelsternen, über den Schein bey der Gestalt der Sterne; über die Veränderung in dieser Täuschung, welche die veränderte Macht des Fernrohrs hervorbringt. Eine Reihe von Versuchen, an irdischen Gegenständen angestellt, sollte in einem andern Kreise und von einer andern Seite gleichsam ein Nachbild der Erscheinungen an himmlischen Gegenständen darlegen. Zwey Punkte waren es, welche dadurch entschieden wurden, und als Lehrsätze in die Optik und die Macht der Fernröhren aufgenommen werden; der erste, wie klein sind die Gegenstände, die man noch mit dem bewaffneten Auge erblickt; der zweite war, die Gesetze der falschen Durchmesser und die Unterscheidung derselben von den ächten aufzufinden. Im 4ten Buch werden diese Versuche und Resultate vollständig entwickelt. Hier ist hinlänglich zu bemerken, daß mit gehörigen Vergrößerungen Gegenstände (nur kleine Silber Quecksilber-Tropfen z. B.) noch deutlich erkannt und gesehen werden, deren wahrer Durchmesser nicht einmal $1/3$ Sekunde ist ja wenig über $1/10$ Sek.; daß Gegenstände, die unter einem vergrößerten Winkel von 2 Minuten oder mehr erscheinen, sich vollkommen unterscheiden lassen als runde, als scheibenähnliche Gestalten; daß die Erscheinung der falschen Durchmesser ein sehr zusammengesetztes Phänomen sey, daß aber die Erkenntniß derselben im Allgemeinen möglich sey.

Die Anwendung dieser Resultate fand sich unmittelbar auf den von Harding entdeckten Stern Juno. Als Herschel Nachricht erhielt, richtete er noch denselben Tag, den 24sten Sept. 1802 sein Fernrohr gegen die Stelle, wo der Berechnung nach, der Planet sich befinden sollte; er entwarf eine Zeichnung und es ergab sich später, daß er wirklich damals den Planeten ge-

sehen hatte. Vom 29ten September fing die regelmäßige Reihe von Beobachtungen an (den Ort des Sterns hatte Maskelyne für den 27sten mitgetheilt). Der Planet wurde mit zwey Sternchen verglichen, wovon der eine 9ter Größe angenommen wurde, und erschien wie ein Stern 8ter Größe; im zehnfüßigen; eine Vergrößerung von 496,3 zeigte keinen größern Unterschied von den Sternen; selbst 879,4 zeigte sich dasselbe Verhältniß; keine Anzeige von Scheibe; ja selbst ein Stern erschien unter einem größern Durchmesser; in sehr günstiger Lage im Meridian konnte der neue Planet — nicht von einem Stern unterschieden werden. — Da eine 879fache Vergrößerung keine Scheibe von merklichem Durchmesser zeigte, so ist gewiß, daß er nicht eine halbe Sekunde betrug; er wäre plötzlich sichtbar gewesen, da er einen scheinbaren Winkel von 7′ 19″,7 eingenommen hätte. — Herschel hatte die Versuche, von denen oben die Rede war, an denselben Tagen angestellt, wo er des Nachts den Planeten beobachtete, und gibt uns darüber die höchst interessanten Vergleichungen über den im Auge — als Gedächtniß zurückbleibenden — Durchmesser eines des Morgens gesehenen Kügelchens, und den des Abend gesehenen Planeten." 5ter Octobr. bey klarer Luft, während das Planetchen im Meridian war, scheint Vergleichungsweise sein Durchmesser etwas größer, als der eines eben so hellen Sterns; das Scheibchen kann aber kaum so groß seyn, als das kleinste denselben Morgen gesehene; der wahre Durchmesser dieses Kügelchens war 0,01358 und der Durchmesser, unter dem es in der Entfernung von 9620,4 Zoll erschien, war 0,214 Sekunden; Juno war also kleiner. — Versuche den scheinbaren falschen vom wahren Durchmesser zu trennen, waren vergeblich. Immer blieb nur Vergleichung mit Sternen, oder am Tag gesehenen Kügelchen übrig.

Und so waren auch hier alle Anstrengungen der Fernröhre, die im Stande waren in der Entfernung des Uranus sogar seine Trabanten zu entdecken, vergebens, auch nur eine entscheidende Messung eines Durchmessers zu geben; selbst die höchst sinnreiche Art der Schätzung nach Gedächtniß ging hier verloren.

Gleiches ergab sich bey dem vierten Genossen, der Vesta; kein Unterschied von Sternansehen kleiner Größe; Vergleichungen mit dem Durchmesser des Uranus, der in passender Lage dazu war, gaben bey 460facher Vergrößerung 1/6; mit 577facher 1/9 oder 1/10; mit 636 war der wirkliche Durchmesser immer noch unsichtbar; nur das 20füßige Fernrohr, bey einer Oeffnung von 18 3/4 Zoll, benützt ohne einen zweyten Spiegel (nach dem Vornschau oder Frontview), zeigte einen Durchmesser ganz frey von allem nebligem oder atmosphärischem Aussehen.

Die fast unglaubliche Kleinheit dieser Körper, 150tausend derselben sind erforderlich, um den kleinsten der bisherigen Planeten, den

Mercur hervorzubringen; die so bedeutende Neigung ihrer Bahnen gegen die Bahnen der übrigen, oder ihr Hinausschweifen über die bisherigen Gränzen des Zodiakus; die Verschränkung und Nähe ihrer Bahnen; das Unsichere ihrer Atmosphäre, und doch die Lichtstärke bey so kleinem Durchmesser, sind so auffallende Erscheinungen, daß nach der Entdeckung der Ceres und Pallas Herschel eine eigene Klasse von Himmelskörpern einzuführen vorschlug, welche er Asteroiden nannte; indem er die Kleinheit derselben und die übrigen Anomalien von planetarischem Wesen andeuten wollte. Als ein Mittelglied, das die Gesellschaft der Astronomen in Deutschland zwischen Mars und Jupiter, um die Gesetzmäßigkeit eines Fortschritts in der Planetenwelt zu bestätigen, mit großer Beharrlichkeit suchte, will Herschel diese Asteroiden nicht anerkennen. In der That ist durch die Unregelmäßigkeit in der Bildung, Größe und Bahn dieser Asteroiden ein weit größerer Einwurf gegen die Ordnung des Planeten-Systems — die dadurch bewiesen werden soll — dargestellt, als das einzige Zusammentreffen in der Distanz widerlegen kann. Eine weit bedeutendere Stelle oder Rolle scheint Herschel diesen Gestirnen — gerade an dieser Stelle, wo sie wenigstens Einen Moment zu entfliehen scheinen — anzuweisen; und es ist nicht zu zweifeln, daß die Genossenschaft dieser Planeten gleichsam in dem Wendepunct der Planetenreihe eine neue Ansicht einst hervorrufen werden.

---

§. V. Mars.

1) Hätte die Entdeckung des Uranus Herschels Namen nicht auf immer den Jahrbüchern der Sternkunde einverleibt, und ihm eine Laufbahn eröffnet, wodurch er sich so große Verdienste um diese Wissenschaft erworben hat; so würden seine frühen und ersten Untersuchungen über die Umdrehung des Mars und die Stellung seiner Achse schon ihn in die Reihe der größten Beobachter gesetzt haben. Die Schärfe der Beobachtung, die sinnreiche Wahl der Erscheinungen, die zur Bestimmung des Gesuchten führen; die Großartigkeit selbst geschaffener Werkzeuge, um der Resultate sicher zu seyn; die Feinheit der messenden Vorrichtung, sich so kleiner Winkel zu bemächtigen, einen Himmels-Körper betreffend, der zu den kleinsten im Planeten-System gehört; die Beharrlichkeit im Verfolgen der Erscheinungen und der zusammenhängenden Berechnung, sind charakteristische Züge in dem Bilde eines Astronomen; in den Arbeiten Herschels über Mars erblicken wir sie auf eine entschiedene Weise.

Die erste dieser Arbeiten vom Jahre 1780 hatte eigentlich noch eine andere auffallende Combination rotirender Himmels-Erscheinungen zum Gesichtspunkt. Aus der Verglei-

chung derselben ihre Unveränderlichkeit zu bestimmen, z. B. die Beständigkeit in der Rotation der Erde, durch Zusammenhalten mit der des Jupiters, Mars und andere. Dieß setzte, wie Herschel fühlte, sehr genaue Bestimmungen voraus. Nach dem, was er bereits von Jupiter und Mars gesehen hatte, überzeugte er sich, daß Mars, nach Beschaffenheit der auf ihm vorhandenen Flecken und eigenthümlichen Gestalten, zu scharfer Bestimmung am tauglichsten sey; daher seine fortgesetzten Untersuchungen.

Die Umdrehungs-Bewegung wird aus Beobachtungen identischer Flecken an gleicher Stelle der Mars-Oberfläche — die vom April 1777, und vom Mai und Junius 1779 angestellt sind *), hergeleitet; die Zwischenzeiten umfassen 2 Perioden 36, 39, 34, und die Vergleichung der, welche 2 Jahre aus einander liegen, begreifen 736, 762, 763 Perioden in sich; bey den großen Zwischenräumen mußte auf die fortschreitende Bewegung des Mars, oder den Unterschied der siderischen Umdrehungs-Perioden, als der wahren; und der synodischen, bloß scheinbaren, von der Erde aus gesehenen, — welche denselben Fleck wieder in dieselbe Lage auf der Marsscheibe in Beziehung auf uns zurück bringt, Rücksicht genommen werden.

Das Mittel aus allen diesen Bestimmungen gibt **):

Rotations-Periode des Mars 24 Stunden 39 Min. 21,67 Seknnd. Herschel macht einige Bemerkungen über die Genauigkeit dieser Bestimmung. Sie hänge von dem möglichen Mißgriffe ab, den man bey dem zweyjährigen Zwischenraum dadurch macht, daß man eine Umdrehungs-Periode zu viel oder zu wenig nimmt. Da aber die 3 Bestimmungen, welche aus den monatlichen Beobachtungen gemacht sind die Rotations-Periode bereits zwischen 24 Std. 39 Min. 5 Sek., und 24 Stund 39 M. 22 S. einschließen, so ist dieser Mißgriff unmöglich. Man müßte denn einen Fehler von einer ganzen Stunde in den monatlichen Bestimmungen annehmen, welches bey der Genauigkeit der Beobachtung und der Uebereinstimmung nicht wohl anzunehmen ist.

Die zweyte Ursache des Irrthums kann in der langsamen Bewegung eines Fleckens auf der Scheibe des Mars liegen. Herschel glaubt, daß nach der Art, wie er diese Flecken fortschreiten sah, höchstens ein Fehler von 10 Minuten möglich sey, in Beziehung auf die Schätzung, ob der Fleck wirklich im Mittelpunkt der Scheibe sich finde; er machte auch Versuche darüber, indem er auf verschiedenen Kreisen excentrische Punkte setzte gerade in den Distanzen, welche eine unrichtige Schätzung der Zeit auf dem Mars von 10, 15, 20 Minuten hervorbringen würden. Perso-

*) S. Anmerkung 5.
*) S. — — 6.

sonen, denen die Zeichnung vorgelegt worden, ohne den Zweck derselben zu kennen, urtheilten immer richtig, so daß sie nie einen excentrischen Punkt für das Centrum hielten.

Den Fehler in der Uhr als möglich zu 10 Minuten angenommen, weil im Jahr 1777 noch kein Höhen-Instrument zur Bestimmung der Zeit vorhanden war, und den in der Schätzung nach dem vorhergehenden zu 20 Min. gibt doch für die 766⅓ Perioden nur einen Fehler von 2″,34; innerhalb welcher diese Rotations-Periode genau ist.

2) Nachdem diese Periode innerhalb solcher engen Gränzen bestimmt worden, konnte Herschel es wagen die Lage der Umdrehungs-Achse im Weltraum für Mars zu bestimmen; die Schwierigkeit dieses Unternehmens wird sehr leicht übersehen, weil wir selbst auf einem Planeten wandeln, dessen Größe uns nur zu übermäßig erscheint; es ist aber, wie wenn wir die Lage eines Linsenkorns auf der Spitze eines hohen Gebirges, das der Zufall dorthin geweht, oder eines Crystalls auf der Kante eines Gebirgs-Zackens bestimmen sollten.

Die gewöhnliche Erscheinung der Flecken, so scharf bestimmt und beständig sie auch mit der Oberfläche des Mars zusammengewachsen schienen, konnte hier keine Resultate geben; ein schärferer Zielpunkt war erforderlich. Herschel fand ihn, in der nördlichen und südlichen Polarzone des Mars, die sich auf eine höchst sonderbare Weise — schon von älteren Astronomen bemerkt z. B. von Maraldi — auszeichnen, durch glänzende, bestimmte kreisförmige Flecken, mit helleren, aber veränderlichen Kreisen umgeben. Diese geben Herschel den Schlüssel, nach zweyjährigen fortgesezten Beobachtungen *) zugleich die Flecken der Aequatorialzone, die er vormals vertraut sich gemacht hatte — bey der Bestimmung der Rotation zu Hülfe nehmend.

Es wird in der Geschichte der Astronomie als ein entscheidendes Beispiel — abgesehen von Resultat — aufbewahrt werden, wie allmählig fortschreitend Herschel zu dem Resultat gelangte, was er suchte; die Lage der Umdrehungsachse eines (so kleinen) Planeten im unendlichen Raume zu bestimmen. Das Folgende gibt die Analyse dieses Unternehmens.

„Im Jahr 1777 den 17ten April 7 Uhr 50 Min. waren „zwey merkwürdige Flecken auf Mars; a und b Fig.; A B ist die „Richtung des Parallels; das Telescop war ein zehnfüßiger Re„flector, 9 Zoll Oeffnung; Vergrößerung 211. Um 10 Uhr 20 „Min. waren sie gänzlich aus der Scheibe hinweg."

„Im Jahr 1779. Bemerkungen über diese Flecken finden sich „nicht; vielleicht waren sie nicht auffallend genug, oder sie wurden

*) S. die Anmerkung 7.

„übersehen, weil die besondere Aufmerksamkeit auf die Erscheinun-
„gen, die tägliche Bewegung des Planeten betreffend, gerich-
„tet war.“

Aus den Beobachtungen vom Jahr 1781 kommt allmählig als Ansicht hervor, daß diese Flecken in der Nähe der entgegengesetzten Pole liegen; ihr Glanz, ihre reine Gestalt, ihr anderes Wesen als der Flecken, längs des Aequators, unterscheidet sie auf eine ausgezeichnete Weise, läßt ihre klimatische Natur und Veränderungen erkennen. Herschel mißt sogar den Durchmesser des südlichen Polarflecks Septbr. 22. 1783 „der Südpolarfleck ist
„von kreisförmiger Gestalt, und sehr glänzend und weiß. Als er
„im Meridian war, sah er ihn sehr schön und deutlich: maß sei-
„nen kleinen Durchmesser in der Richtung des Aequatorialdurchmes-
„sers. Bei einer Vergrößerung von 932 fand er 1 Sekunde
„41 Tertien, und er sah ihn sehr deutlich. Der äußere Rand des
„Flecks kam eben herauf an dem Mars-Rand. (Ein günstiger
„Dunst nahm jedes störende Nebenlicht hinweg, und zeigte im
„Allgemeinen die Gegenstände äußerst genau begränzt, besonders
„auch den Mars.)“

Es entscheidet sich durch Vergleichung mit den Aequatorial-Flecken durch den Einfluß der täglichen Bewegung auf die Stellung der hellen Polarflecken, daß sie nur in der Nähe der Pole. Ihr gänzliches Verschwinden wegen der Stellung der Achse gegen uns, und der Beleuchtung wird fortgesetzt beobachtet. Es ergeben sich auch die Stellungswinkel der Polarflecken in Beziehung auf den Parallel und die Weltgegenden (wie bey den Doppelsternen); die Schwierigkeiten waren hier nicht gering, wie aus den Original-Beobachtungen erhellt, und die besondere Art dieser Messungen mit sich bringt.

Es ergab sich aus der Vergleichung der Sichtbarkeit der Polarflecken mit ihrer Lage, die sie, Kraft der Umdrehung des Mars, auf seiner Scheibe hatten, und von uns gesehen wurden, daß der südliche um den Pol eine Umdrehung hatte, und daß dieser Pol während den Beobachtungen von 1781 und 1783 gegen uns gekehrt war. Darüber werden Tafeln entworfen, vermittelst der bekannten Umdrehungs-Periode, welche für die Zeit der Beobachtung die Stellung des Fleckens ergeben, und Zeichnungen, welche die Sichtbarkeit und Unsichtbarkeit der Flecken in den verschiedenen Stellungen auf den Parallels, auf welchen sie sich befindet, vorstellen.

Der Gang der Rechnung ist hierauf folgender. Die Messungen, welche für die Lage der Flecken genommen worden, und für sie galten, müssen verbessert werden, wegen der Breite der Flecken, Kraft der sie eine Bewegung um den Pol hatten. Diese Messungen müssen dann auf den Mittelpunkt der Sonne reducirt werden; wodurch zugleich die verschiedene Lage der Plane-

ten in den verschiedenen Zeit-Epochen der Messungen reducirt und verbessert worden. Es werden dann zwey entlegene Beobachtungen gewählt: welche dann nach erfolgter Bestimmung der Elemente zur Verbesserung oder Berichtigung mit andern verglichen werden. Weitere Rechnung findet nun, aus der Lage der Achse gegen die Ecliptik, das Endresultat die Lage gegen die Bahn des Planeten. Die Neigung der Achse gegen die Bahn des Mars ist 61 Grad 13 Min.; oder die Schiefe seiner Ecliptik 23 Grad 42 Min. und der Ort seiner Frühlings-Tag- und Nachtgleiche in 19 Grad 23 Min. Schützen.

3) Folgende Ansichten theilt dann Herschel mit. Die Analogie zwischen Erde und Mars ist vielleicht die größte, die in unserm Planeten-System sich findet. Ihre tägliche Umdrehung ist fast dieselbe; die Schiefe ihrer Ecliptik von welcher die Jahrszeiten abhängen, sind nicht sehr verschieden; die Distanz von der Sonne kommt unter allen obern Planeten — der unsrigen am nächsten: auch wird die Länge des Marsjahres nicht als sehr verschieden von dem unsern auffallen, wenn wir es mit der erstaunlichen Länge des Jupiter-Saturns-Jahrs, und dem des Georgsgestirns vergleichen. Wenn wir demnach finden, daß die Kugel, welche wir bewohnen, ihre Polargegenden gefroren und mit Bergen von Eis und Schnee bedeckt, uns zeigt, die nur zum Theil schmelzen, wenn sie abwechslungsweise der Sonne ausgesetzt sind; so läßt sich wohl annehmen, daß gleiche Ursachen gleiche Wirkungen auch von dem Mars hervorbringen; daß demnach die hellen Polarflecken einem lebhaften Reflex des Lichts von eisigen Regionen zuzuschreiben sind, und daß die Abnahme dieser Flecken der Einwirkung der Sonne auf dieselben zuzuschreiben ist." Daher die veränderliche Ansicht der Flecken wie sie aus den Beobachtungen sich ergeben.

Dieselbe Analogie führt Herschel zur Betrachtung der Atmosphäre des Mars; und die abgeplattete Gestalt desselben. Warum ältere Astronomen davon keine Meldung thun, erklärt er daraus, daß passende Zeitpunkte zu Beobachtungen über seine wahre Gestalt nicht häufig seyn können; wenn er nämlich nahe genug ist, um ihn mit Bequemlichkeit und Vortheil zu sehen, so ist er meist verschoben; die Oppositionen sind so selten und von so kurzer Dauer, daß in mehr als zwey Jahren kaum 3 oder 4 Wochen dazu dienen. Uebrigens waren die Astronomen gewohnt, den Mars verzerrt zu sehen, und konnten daher leicht „seine sphäroidische Form übersehen."

Außer der Schwierigkeit der Messungen bey einem so kleinen Planeten sind noch optische Täuschungen, scheinbare Verzerrungen wegen der Unvollkommenheit der Spiegel, der Einfluß der Augengläser zu beachten. Daher Herschel, um diesen Zweifeln zu begegnen, die Spiegel in verschiedene Lagen brachte, einfache Augengläser und zusammengesetzte gebrauchte, auch ein dioptrisches

Fernrohr (einen Achromat von 3½ Fuß) gebrauchte; durch andere Beobachter das von ihm gesehene gleichsam bewahrheiten ließ. Da Herschel die Lage der Pole aus früheren Beobachtungen bereits kannte, so waren für ihn die Erscheinungen der Abplattung um so wahrer zu erfassen. Die ganze Reihe der Beobachtungen Sept. und Oct. 1783 bestätigen die Erscheinung der Abplattung; und Messungen mit verschiedenen Instrumenten geben ihre Größe mit großer Zuverlässigkeit an. Folgendes sind die

Messungen des Aequatorial- und Polardurchmessers *).

	Aequator.	Polar.
1723. Sept. 25. 9 U. 50 M.	21″ 53‴	21″ 15‴
— 30. 10 — 52. —	22″ 9‴	21″ 26‴
	22″ 31‴	
Oct. 1. 10 — 50. —	103 Theile	98 Theile
— 1. 13 — 15. —	22″ 12‴	21″ 24‴
	22 46	21 33
	22 35	

Herschel nimmt die Messungen vom ersten October als die genauesten an: der 20füßige gibt das Verhältniß der Achsen 103 zu 98 oder 1355 zu 1289; letztere sind aber genau die Messungen des 7füßigen; wenn man 22″ 35‴ und 21′ 29‴, das heißt 1355 und 1289 Terzien nimmt. — Die Correction wegen heliocentrischer und geocentrischer Stellung wird, da sie wie 20000 und 19927 sich verhält, nicht betrachtet. Die Verbesserung wegen der schiefen Stellung der Achse gegen uns gibt, da nur ein Parallel von 63° im Durchschnitt der Scheibe war, das verbesserte Verhältniß 1355 zu 1272. — Die Messung vom 30sten Sept. (die Nacht vor der Opposition) gibt 1355 bis 1300; die vom 25sten (nicht mit aller Schärfe der Correctionen) gibt 1355 zu 1312.

Daraus ergibt sich auch der wirkliche Durchmesser des Mars. Am Tage der Opposition war der Aequatorial-Durchmesser 22″ 35‴; damals die Entfernung des Mars von der Erde 0,40457; folglich der Durchmesser in der Entfernung 1, oder der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne 9″ 8‴.

*) Diese Messungen sind mit folgenden Bemerkungen begleitet: die vom 25. September mit 21″ 15‴ ist voll, das heißt gewiß nicht zu klein; die Micrometer-Fäden waren auswärts an der Scheibe wie Berührungs-Linien, Nullpunkt und Messungen, bloß durch Mars Beleuchtung genommen. — Die Messung vom 30. Septbr. 22″, 9‴ ist mit 278facher Vergrößerung; die zweyte 22″ 31‴ heißt voll und groß. — Die Messungen vom 1sten October sind mit dem 20füßigen. Der Werth der Theile war nicht bekannt; die zweyte ist mit dem 7füßigen mit einer deutlichen 625fachen Vergrößerung; alle Umstände waren günstig; 22‴ 12‴ zu klein, die folgende eher zu voll, die dritte genau: die zweyte für den Polardurchmesser wird sehr genau genannt. Mars erschien mit allen seinen Figuren während der Messung sehr deutlich, und die Messung ist eine der zuverlässigsten.

Die Analogie führte schon auf die Annahme einer Mars-Atmosphäre; Beobachtungen setzen sie wohl außer Zweifel. Herschel berichtigt eine Beobachtung, die Smith in seiner Optik von Cassini anführt, woraus sich ergäbe, daß in einer Entfernung von 36 Mars-Halbmessern ein Stern im Wassermann von der 6ten oder 7ten Größe unsichtbar würde; indem er seine eigene ähnliche anführt, kraft deren 2 Sterne einer von der 12ten und der andere von der 14ten Größe etwa nicht anders in der Nähe von 3′26″ 20‴ und 3′2″ 35″, und 2′ 56″ 23″ den 26sten und 27sten Octbr. 1783 afficirt wurden, als die Lichtstärke des Mars mit sich brachte; denn wenn er den Planeten auf die Seite des Gesichtsfelds oder ganz aus demselben wegbewegte, so sah er sie in der kleinern Distanz (den 27sten) so gut als vorher den 26sten. Aber andere Erscheinungen beweisen, daß Mars eine beträchtliche Atmosphäre hat; einzelne helle Fleckchen z. B. Fig. 1 und Fig. 14, und ein dunkler in einer ziemlich großen Breite Fig. 18 zeigten gelegentlich Veränderungen, welche bloß atmosphärisch seyn können.

---

§. VI. Venus.

1) Der Planet, welcher der Erde am nächsten kommt, die Venus, hat sich in einen undurchdringlichen Schleier gehüllt, und ist uns weniger bekannt als die entfernteren; eine ganz einfache Belehrung darüber, daß der einzige Sinn, der uns in die Ferne trägt, nicht im Stande ist, das Wesen der Dinge zu erkennen; denn keine Macht des Fernrohrs ist im Stande, die dichte Atmosphäre der Venus zu durchdringen, um ihren Bau zu sehen; eben so wenig als uns bey Saturn und Jupiter unmöglich ist zu entscheiden, ob wir durch die hellen Streifen die Körper der Planeten gewahren.

Herschel hat den Venusstern fortgesetzt zum Gegenstand seiner Betrachtung gemacht. „Eine Reihe von Beobachtungen desselben, im April 1777 begonnen, wurde bis auf die jetzige Zeit fortgesetzt“ Rotation, Atmosphäre, Durchmesser, Erscheinungen den innern Bau betreffend, waren, als die Hauptelemente der planetarischen Naturgeschichte, das Ziel der Forschung. Er fand sich nicht glücklich in seinem Beginnen, besonders die Rotation betreffend. Er hielt darum Beobachtungen und Resultate zurück, bis er sich durch Hieronymus Schröters zu Lilienthal mit Herschelschen Instrumenten gemachten Beobachtungen über die Rotation der Venus und die Gebirge auf derselben veranlaßt glaubte, Einiges bekannt zu machen.

Obgleich das Princip: nur nach einer Reihe fortgesetzter Beobachtungen etwas als entschieden anzunehmen, im Allgemeinen als das Einfachste und Unverwerflichste in der Astronomie ange-

nommen werden muß, so kann es doch auch Erscheinungen geben, die nur durch den Zusammenfluß günstiger Umstände möglich, in bestimmten Zeiten nur und nach langen Perioden sichtbar werden auf kurze Zeit und wieder erscheinen; deren Wahrheit darum nicht weggewiesen werden möchte, wenn sonst nichts entgegen ist. Allerdings ist dieß zweyte Princip um so bedenklicher, da es mit dem Umstande zusammenhängt, daß kein entscheidender Schluß gemacht werden kann aus dem Nichtgesehen werden auf das Nichtdaseyn; indem dieß von verschiedenen Zeit-Perioden, Zeitpunkten und mehr oder weniger vortheilhafter Stimmung derselben abhängt. –

Nur diese Bemerkungen glaubte ich in Beziehung auf den Gegenstand voranschicken zu müssen, und den Gegensatz, der zwischen den zwey Beobachtern sich gezeigt, wovon der zweyte in Herschels Fußstapfen tretend und mit seinen Werkzeugen zuerst in den Gränzen unseres Planeten-Systems forschend, und für Wahrheit und Entdeckungen entzündet, später mit eigenen Werkzeugen über die Naturgeschichte der Planeten Schätzbares uns reichte.

Die Ergebnisse aus Herschels Beobachtungen sind folgende.

1) Es gibt keine entschiedene Flecken auf der Oberfläche der Venus, die zur Bestimmung der Umdrehung mit verlangter Schärfe tauglich sind; sie erscheinen selten, sind verwischter Gestalt, veränderlich, nicht scharf. Als Beyspiel *) diene Folgendes „1780 19 Jun. Ein bläulicher dunkler Fleck, und ein anderer, etwas hellerer sind auf der Venus sichtbar; sie begegnen sich unter einem Winkel, der ungefähr ⅓ Venus-Durchmesser von der Spitze entfernt ist. Den 21. 23. 24. 25. 26. 28. 29. 30. Juni und den 3ten Juli wurden die Beobachtungen über diese und andere zarte Flecken fortgesetzt, und Zeichnungen beygefügt. Das Werkzeug dabey war ein 20füßiger Newtonischer Reflector, mit nicht weniger als 5 verschiedenen Spiegeln versehen, deren einige in der höchsten Vollkommenheit, was Figur und Politur betrifft, waren. Die gewöhnliche Vergrößerung war 300 und 450. Doch das Resultat gab nicht die Umdrehungs-Periode, denn die Flecken nahmen oft den Schein optischer Täuschungen an, von prismatischen Affectionen entstanden; und Herschel war immer nicht gewillt, ein Gewicht auf die Bewegung von Flecken zu legen, die entweder äußerst zart und veränderlich waren, oder deren Lage nicht genau bestimmt werden konnte. Daß übrigens Venus eine Bewegung um ihre Achse hat, kann nach diesen Beobachtungen nicht bezweifelt werden: und daß sie eine Atmosphäre hat, ist eben so augenscheinlich wegen der Veränderungen, die ich

---

*) S. Beschr. d. Kupfer.

bemerke, die gewiß nicht auf dem festen Körper des Planeten statt hatten."

2) Die scharfe Begränzung der Scheibe — (in so großer Nähe bei uns) deutet auf eine Atmosphäre von entschiedener Dichtigkeit und Höhe. Dieß beweiset auch die Erscheinung eines viel hellern Randes, der plötzlich abnimmt, (beobachtet 1793 den 9ten 16. 20—22ten April) „die Atmosphäre ist wahrscheinlich mit Materien, die das Licht reichlich und in allen Richtungen reflectiren, angefüllt; am Rande, wo wir schief durchsehen, wird sich eine Zunahme von Helligkeit zeigen." Vielleicht sind auch die helleren Jupiters=Streifen die leuchtende Atmosphäre, die dunkleren sind der Planet selbst von der Sonne beschienen schwach reflectirend." — Das Daseyn einer bedeutenden Dämmerung beweist gleichfalls eine Atmosphäre; dieß hat Schröter zuerst an dem Uebergreifen der Hörnerspitzen über den unerleuchteten Theil (wenn die Venus sehr nahe ihrer unteren Conjunction ist) beobachtet; doch nicht (wegen seines nicht mehr so vollkommenen Instruments) vollständig. Die Messung ist folgende. Herschel maß den Durchmesser der Venus und die Projection der Hörner über den Halbkreis, mit seinem Scheiben=Micrometer: doch ohne Beleuchtung, weil das Tageslicht hinlänglich war. „Auf der messenden Scheibe waren concentrische Cirkel gezogen, und ein Durchmesser, mit ihm in einem der Halbkreise mehrere parallele Linien, wäre Zeit gewesen, hätte ich den Rand be beweglich und parallel mit Diameter ab gemacht durch eine Vorrichtung. Erste Messung; doppeltes Augenglas, Vergrößerung 90. Diameter der Venus 2390, Projection der Hörner 500 Theil. Die Vergrößerung ist zu gering, um genau zu seyn. — Zweyte Messung, Vergrößerung 215. Durchmesser 4800; Projection 620! hier ist die Projection wahrscheinlich zu klein, wie die vorhergehende zu groß war. Der Planet ist zu nieder, um die Messung zu wiederholen. Mittel aus beyden, vielleicht nicht von der Wahrheit entfernt, gibt Durchmesser 3595, Projection 560. Der Radius also 1795,5 und 560 der Sinus, gibt den Winkel acb oder dce gleich 18° 9′ 8″, 2.

3) Die Lichtgränze, welche in den verschiedenen Phasen der Venus wie beym Monde die dunkle von dem erleuchteten Theil der Scheibe sondert, erscheint zuweilen nicht so scharf begränzt als der helle Rand selbst. Wenn man der Venus (der Analogie wegen) Berge zutheilen will, so müssen sie entweder klein seyn, weil ihre Schatten keine zackige, entschieden ungleiche wellenartige Gränze hervorbringen, oder die Atmosphäre muß von übermässiger Dichtigkeit seyn.

4) Die Erscheinungen an den Lichtgränzen bestätigen dieß. Sie fand Herschel immer gleich; mehr oder weniger scharf allerdings, wie es vom Zustand der Atmosphäre (vielleicht der Venus) und auch unserer, förderlich dem deutlichen Sehen, abhängt.

hängt. Da die Dämmerung auf der Venus entschieden, so wie die Wirkung des Halbschattens und die Dichtigkeit der Atmosphäre wahrscheinlich, so ist die Ungleichheit der Hörnerspitzen (von Schröter beobachtet) allerdings eine nur unter höchst zufälligen Umständen mögliche Erscheinung.

5) Den Durchmesser der Venus in mittlerer Entfernung findet Herschel 13″,79; gibt ihn, gegen die gewöhnliche Meinung etwas größer als die Erde.

---

§. VII. Mercurius.

Ueber den Mercurius, den kleinsten und der Sonne nächsten Planeten, findet sich nur Eine Sammlung von Beobachtungen, bey dem Durchgang des Mercurs durch die Sonne im Jahr 1802. „Das Wetter war so günstig, als man nur wünschen konnte, und der Sonnen-Apparat — von zahlreichen Beobachtungen über die Sonne, die vorher angestellt worden (wie wir sogleich sehen werden) — in großer Ordnung, um in der größten Vollkommenheit zu sehen. Die Beobachtungs-Reihe — wobey die Zeitangabe bloß die Folge derselben anzeigt — ist hier vollständig mitgetheilt.

Durchgang des Mercurs durch die Sonne.

1802 Nov. 9. Ungefähr 40 Min. nach 7 Uhr Morgens wurde ein Teleskop mit einem Spiegel von Glas, von 7 Fuß Brennweite und 6,3 Zoll im Durchmesser, nach der Sonne gerichtet. Mercurius war leicht zu sehen, und zu unterscheiden von den Oeffnungen der leuchtenden Wolken, gewöhnlich Sonnen-Flecken genannt, deren wenigstens 40 vorhanden waren. Seine vollkommene Rundung wäre hinlänglich gewesen ihn kenntlich zu machen, wenn man auch nicht gewußt hätte, wo er zu suchen.

10 Uhr. Die Sonne war jetzt hinlänglich hoch, so daß man die Gegenstände auf ihrer Oberfläche deutlich sehen konnte. Die Scheibe des Merkurs war vollkommen scharf begränzt; im zehnfüßigen sah man, mit 130facher Vergrößerung, die Runzeln der leuchtenden Sonnenoberfläche, bis unmittelbar an die Peripherie der ganzen Mercursscheibe. — 10 Uhr 27 Min. Der Planet war jetzt hinlänglich gegen die größeste (dunkle) Oeffnung in der nördlichen Zone vorgerückt, daß die Schwärze der beiden Gegenstände verglichen werden konnte; die Scheibe des Mercurs war beträchtlich dunkler, und mehr gleichartig schwarz als die Fläche der großen Oeffnung. — 10 Uhr 32 Min. Der westliche (vorangehende) Rand des Mercurs schneidet die leuchtenden Sonnenwolken mit der äußersten Schärfe; während in der großen Oeffnung das sich hinabziehende Parapet (Abdachung) hinunter an seiner westlichen Seite vollständig sichtbar war. — Hiebey ist zu merken, daß das Instrument, welches hier gegen

die Sonne mit der mäßigen 130fachen Vergrößerung angewendet wurde, dasselbe 10füßige ist, welches mit 1000facher die kleinsten Doppelsterne deutlich sah. — Oft waren starke Vergrößerungen bey Sonnenbeobachtungen gebraucht worden, darum wurde jetzt etwas Anders versucht (ob man gleich ziemlich überzeugt seyn konnte, daß der Erfolg nicht entsprechen würde). Mit zwey kleinen doppelkonvexen Linsen von dunkelgrünem Glas, wovon die eine Seite gegen das Auge dünn beräuchert war — um noch einiges Licht zu schwächen — die 300mal vergrößerten, erschien Mercur sehr gut begränzt; aber die vollständige Deutlichkeit fehlte. Mit einem einfachen auf gleiche Weise beräucherten und 460fach vergrößernden Augenglas war Merkur gleichfalls ziemlich gut begränzt, aber nun erschien die Sonne rauh, und kleine Gegenstände sah man nicht.

11 Uhr 28 Min. Mercur war jetzt gegen den westlichen Sonnenrand vorgerückt, die Zeit der innern Berührung nahte. 11 Uhr 32 Min. die ganze Mercursscheibe ist so scharf begränzt als möglich. Nicht die Spur eines atmosphärischen Rings, oder verschiedener Lichtstrich ist um den Planeten sichtbar. 11 Uhr 37′ ebenso. 11 Uhr 42 Min. Die scharfe Begränzung der ganzen Mercursscheibe scheint eher etwas stärker als vorher. Dieß rührt vielleicht von dem Kontrast mit dem hellen Sonnenrand her, welcher mehrere leuchtende Streifen oder Kuppen hat, und auffallend hell und glänzend in der Gegend des Planeten ist. 11 Uhr 44 Min. Etwas zu spät, um die innere Berührung so vollständig, als gewünscht wurde, zu sehen. Doch war der Lichtfaden an dem Sonnenrand eben sich brechend, oder gebrochen; keine Art von Verdrehung weder am Sonnenrand noch an der Mercurscheibe fand statt. — Das Aussehn des Planeten, die ganze Zeit seines Austritts von der Sonne hindurch blieb bis ans Ende gut begränzt, der östliche Rand des Mercurs blieb scharf, bis er genau die Sonnenscheibe berührte, und verschwand, ohne die geringste Veränderung bey seinem Austritt im Sonnenrand zu verursachen oder die geringste Veränderung in seiner eigenen Gestalt zu erleiden. — Sobald der Planet die Sonne verlassen hatte, stellte sich die gewöhnliche Erscheinung ihres Rands so augenblicklich und vollkommen wieder her, daß nicht die geringste Spur übrig blieb, wovon man die Stelle seines Verschwindens von irgend einem andern Theil der Scheibe unterscheiden konnte.

Es ist nicht überflüssig hinzuzufügen, daß sehr oft während dieses Durchgangs das äußere Ansehen des Mercurs mit Rücksicht auf seine Gestalt untersucht worden, es konnte aber nicht die geringste Abweichung von der sphärischen Form bemerkt werden; so daß, wenn nicht gerade zur Zeit der Beobachtung die Polarachse in der Linie vom Auge gegen die Sonne lag, der Planet nicht wesentlich an seinen Polen abgeplattet seyn kann.

---

§. VIII. Der Mond.

1) Unsern Trabanten, den uns allernächsten Weltkörper, nennen wir das Licht, das die Nacht regiert, den Zeiger am Zifferblatt der Monatsuhr, den Regulator nicht bloß der Zeit, sondern selbst der physischen Entwickelungen, den Träger von Fabeln wegen seiner wechselnden Gestalt seiner Finsternissen und der wunderlichen Flecken, welche das Auge auf seiner Scheibe entdeckt. Für den Astronomen ist er der größte Lehrmeister wegen seiner zusammengesetzten Bewegungen; dem Naturforscher höchst merkwürdig, wenn er nur einmal mit einem Fernrohr bewaffnet seine wunderbare Oberfläche betrachtet hat — diese überbermäßige und regellose Verschwendung von Ringen und Wällen, von jeder Größe und Tiefe, auf den Wällen erheben sich ungeheure schroffe Zacken, in deren Spitzen sich wieder die Hölungen finden; Kegel, die einfach, oder gepaart aus diesen Bechern und Vulcanen emporschauen, das Durchbrechen dieser Ringe durcheinander; die ungeheuren Ebenen, in denen einzelne sich finden, wie Blasen, die geborsten sind, oder lange Gebirgszüge, oder ungeheure Anhäufungen gestaltloser Massen; Alles durch das mannichfaltigste Licht gezeichnet, so daß einzelner Stellen Glanz auffallend, selbst in der Nachtseite sich auszeichnet, nur von dem selbstgeborgten Licht der Erde erleuchtet.

Er ist der wichtigste Gegenstand der Betrachtung gewöhnlich und der erste, für Jeden, der sich mit mächtigen Werkzeugen ausgerüstet glaubt, und großen Theil ihrer Lebenszeit haben ihm Manche gewidmet. Die Alten haben uns Mondkarten geliefert, in welchen die Topographie ziemlich weit vorgerückt war; für die Beobachtung der Mondsfinsterniß hielt man sie für nöthig; die Frage über die Beständigkeit, womit der Mond uns immer dieselbe Seite zukehrt, hieng mit dieser Topographie zusammen.

2) Herschels früheste Untersuchungen am Himmel waren gleichfalls der Naturgeschichte unseres Trabanten gewidmet. Einen Theil dieser Beobachtungen gibt er uns in der Abhandlung von 1780, er betrifft die Höhe der Mondsberge, welche Riccioli, Hevel und Andere weit überschätzt hatten.

Damals gebrauchte er ein Newtonsches Spiegel-Teleskop von 6 Fuß 3 Zoll; ein Schrauben-Mikrometer mit parallelen Seidenfäden; die gewöhnliche Vergrößerung war 222 (diese wurde wie die Höhe eines Schraubengangs durch terrestrische Messungen bestimmt). Die Methode die Höhe eines Berges zu bestimmen war die von den Alten angewandte, den Schatten eines Berges zu messen. Man sieht aber bloß die Projection dieses Schattens, auch ist die Lage der Ebene, auf die er sich projicirt, von Einfluß, so wie die unbekannte Brechung in der Atmosphäre des Monds, und der optische Schein selbst des hellern Lichts. Die Berech-

nung der Höhe setzt dann mehr oder weniger genaue Kenntniß vom Stand der drey Hauptkörper, Sonne, Mond und Erde gegen einander voraus. Die Messung selbst ist nicht minder schwierig, weil der Schatten genau in der Richtung der Beleuchtung oder senkrecht auf die halb erleuchtete Grenze gemessen werden muß *).

Die Höhe der gemessenen Berge ist von keiner besonderen Größe, sie finden sich in verschiedenen Gegenden der Mondsscheibe, das höchste ist 1,5 Meilen. Den 16ten März ward einer gemessen von 1¾ Meile Höhe, er stand aber offenbar auf hohlem Grunde. Messungen zu nahe am Vollmond oder Neumond sind minder tauglich. Wenn man den Durchmesser des Monds zu 1090 Meilen annimmt, so ist noch keiner aller dieser Berge seiner Höhe nach 1/1000 des Mondsdurchmessers, also etwa Meilenhöhe **).

Im Jahr 1794 kam Herschel wieder auf die Frage von der Höhe der Mondsberge zurück. Die Sonnenfinsterniß gab ihm Veranlassung dazu. Er beobachtete damals die Hervorragung der Berge unmittelbar über die runde Grenze oder Scheibe des Monds. Das erstemal tritt hier die Methode auf, solcher kleiner Theile und großen, die auf der Peripherie hervorragen, Verhältniß zum Durchmesser zu schätzen, und ist abermals ein Beyspiel von der unerschöpflichen Erfindungsgabe Herschels und der untrüglichen Uebung seines Auges.

Die Beobachtungen sind folgende.

Sonnenfinsterniß 1793. ***)

Sept. 5. Uhrzeit 8 St. 40 Min. 3 S. ****) Das Augenmerk war auf die Stelle gerichtet, wo man das erste Eingreifen vermuthete, zwey Mondsberge traten ein; Fig. 1 die Zeit, als ich zuerst sah, mag etwa zwey oder eine Sekunde nach ihrem ersten Eintritt gewesen seyn. — 9 Uhr 5 M. 7füßiger, 287 Vergrößerung. Der innere, helle, Winkel, der auf der Sonne durch das Einschneiden der Mondsscheibe entsteht, und jetzt nur wenig mehr ist als ein Rechter, ist vollkommen scharf, bis an die Spitze unmittelbar; er ist nicht im Geringsten entstellt durch Brechung in der Mondsatmosphäre. Die jetzige Form dieses Winkels ist übrigens nicht günstig, um die Wirkungen dieser Atmosphäre zu zeigen. — 9 Uhr 17 Min. die hellen Winkel des westlichen und östlichen Sonnenrands, die jetzt spitzig sind, bleiben vollkommen

*) S. Anmerkung 8.

**) S. Anmerkung 9.

***) S. Beschr. der Kupfer.

****) Die Uhr ging ungefähr Sternzeit 5 M. 1,7 Sek. zu früh; da seit Kurzem keine Sterndurchgänge genommen waren, so mag eine Unrichtigkeit von einigen Sekunden statt finden.

scharf. Einer derselben allerdings war entstellt, eben kurz vorher durch das Eintreten eines Mondberges, hat aber jetzt seine Schärfe wieder. — 10 Uhr 5 Min. Das Aussehen des Mondrands auf der Sonne wurde gezeichnet, die Berge fanden sich wie in Fig. 2. In *a* war ein großer Tafelberg, wie man ihn wegen seines flachen Aussehens nennen kann, *b* und *c* waren erhöhte, spitzige Felsen. Da sich der ganze Anblick ziemlich schnell änderte, läßt sich keine große Genauigkeit in Beziehung auf ihre relative Stellung erwarten. — Die Höhe des höchsten dieser Berge mag nicht wohl größer als 1½ Meilen seyn: es wurden nämlich mehrere derselben auf ein Segment eines großen Cirkels gezeichnet, so daß sie gerade aussahen wie die Projection auf der Sonne, und es fand sich, daß sie zwischen $1/1500$ und $1/2000$ des so gezeichneten Cirkeldurchmessers waren. Setzt man mit la Lande den Monddurchmesser 782 französische Lieues, oder 2151 englische Meilen, so ergibt sich für $1/1500$ weniger als 1½ Meile, und $1/2000$ nicht ganz $1\frac{1}{10}$ Meile — die ganze Zeit über war die Aufmerksamkeit gerichtet auf das Aussehen des scharfen Sonnenrands Fig. 3, bisweilen ward eine kleine Ausbiegung der Spitzen bemerkt, wie in Fig. 4. doch lange angestrengte Anschauung überzeugte mich nicht von der Wirklichkeit dieser Erscheinung. War wirklich eine Ausbeugung da, so betrug sie wahrscheinlich keine Sekunde: da Herschel von seinen ehemaligen Messungen der Mondberge glaubt, daß die Größe **einer Sekunde** auf der Mondsoberfläche ihm noch hinlänglich gegenwärtig sey, um sie mit ziemlicher Genauigkeit zu schätzen — 10 Uhr 15 suchte der Beobachter mit bloßem Auge die Venus auf, und gewahrte sie bald. In demselben Teleskop mit 287facher Vergrößerung erschien sie scharf und wohl begränzt, und schien etwas schief."

Diese letzte — gleichsam verificirende Betrachtung — überzeugt uns von der unermüdlichen Schärfe des Auges und des Fernrohrs. — Die Resultate der im Vorhergehenden aufgeführten Beobachtungen liegen innerhalb der Gränzen, welche die Genauigkeit der Schätzung eines so geübten Auges einschließen.

3) Einige Beobachtungen eigenthümlicher Art, welche Herschel **in der Nachtseite des Monds**, und zur Zeit seiner Verfinsterung angestellt, haben die Naturforscher und Philosophen besonders angezogen, und sind der Anhaltspunkt mannigfacher Betrachtungen geworden; der contrastirende Bau der Mondsoberfläche wurde noch auffallender durch die Lichterscheinungen, welche sich auf seiner Oberfläche zeigten.

Herschel schreibt Folgendes:

1787. Apr. 19. 10 U. 36′ Sternzeit. „Ich gewahre drey Vulcane an verschiedenen Stellen der dunkeln Scheibe des Neumonds. Zwey davon sind entweder beynahe schon erloschen, oder im Gegentheil im Zustande des beginnenden Ausbruchs. — Der dritte

zeigt einen wirklichen Ausbruch von Feuer oder leuchtender Materie. Die Distanz des Kraters vom nördlichen Mondrand ward gefunden 3′ 57″, 3. Sein Licht ist heller, als des Cometen, den Messier den 10ten dieses Monats zu Paris entdeckte. — April 20. 10 U. 2′ Sternzeit. Der Vulcan brennt mit größerer Heftigkeit als in der vorigen Nacht. Sein Durchmesser ist wahrscheinlich nicht kleiner als 3″ aus Vergleichung mit Uranus; er war höchstens 2mal so groß als der 3te Jupiters-Satellit; also wenigstens 3 Meilen im Durchmesser; er ist von irregulärer runder Figur, und sehr scharf begränzt an den Rändern. Die zwey andern Vulcane sind mehr gegen das Centrum zu, und sehen aus wie große, ziemlich dünne Nebel, stufenweise viel heller in der Mitte; doch läßt sich kein leuchtender Fleck in ihnen erkennen. —

Diese drey Flecken lassen sich leicht unterscheiden, von den übrigen bemerkbaren Stellen auf den Mond: denn die Rückstrahlung des Sonnenlichts von der Erde, in ihrer gegenwärtigen Stellung, ist so hell, daß man mit einem 10füßigen Reflector selbst die dunkelsten Mondsflecken sehen kann. — Beym vorigen Mondwechsel sah man nichts dergleichen mit demselben Instrument — das Licht des sogenannten Vulcans sah aus wie lang geglühete brennende Steinkohlen mit Asche bedeckt, bey Tage; die umliegenden Gegenden des Vulcans schienen schwach durch den Ausbruch desselben erleuchtet, schwächer in größerer Entfernung.

„1783 Mai 4 ward eine ähnliche Eruption gesehen; sie war aber heller, doch nicht von solcher Ausdehnung, sie erschien im Teleskop wie ein Stern 4ter Größe dem bloßen Auge; die jetzige hatte einen bestimmten Durchmesser, das Licht ganz verschieden von blinkerndem Sternlicht.“

4) Dahin reihet sich an folgende Beobachtung zur Zeit der

Mondsfinsterniß 1790.

Den 22sten October. Der Mond ganz verfinstert, wurde durch ein 20füßiges Fernrohr, mit 360facher Vergrößerung betrachtet. An mehreren Stellen desselben wurden helle, rothe leuchtende Punkte bemerkt. Die meisten waren klein und rund. Die Helligkeit des Monds, ungeachtet der Lichtschwäche, welche die Verfinsterung herbeyführte, erlaubte nicht, ihn lange zu betrachten, um die Stellung dieser Punkte zu bestimmen. Sie waren allerdings sehr zahlreich; da ungefähr wenigstens 150 derselben sichtbar waren. Ihr Licht war nicht viel stärker als des Mondsflecken, von Hevel der Porphyrberg genannt.“

Ueber die letzte Erscheinung bemerkt Herschel, daß wir zu wenig Kenntniß von der Oberfläche des Monds haben, um eine Ansicht über die Ursache zu wagen, von welcher die große Helligkeit, Aehnlichkeit und merkwürdige Farbe dieser Punkte herrühren möchte, und bey den Vulcanen beruft er sich auf Nebel, womit Mäßigung des

Urtheils bey Beobachtungen mit dem leiblichen Auge, und Schlüssen des „geistigen Auges“ sich verband.

Jede auffallende Erscheinung bey einem Weltkörper, der in so höchstveränderliche Stellung gegen uns, und im Kleinen wohl auch gegen die Sonne kommt, ist ein unschätzbarer Beytrag, sollte er auch nur in weit stärkerer Zeit seine vollständige Deutung erhalten.

---

§. IX. Die Kometen.

1) Die Periode, deren Beschreibung diese Blätter unternehmen, ist unzweifelbar, was Theorie und Beobachtung der Kometen betrifft, äußerst fruchtbar und reich; die Franzosen hatten gewissermaßen die Kunst, sie aufzusuchen, gegründet und mit Erfolg geübt, in Deutschland wurde sie mit gleich edlem Maß und Eifer betrieben; und man kann nicht umhin der Gunst des Himmels, welcher diese Anstrengungen und Beharrlichkeit mit schönen Erscheinungen aufgemuntert und belohnt, sich zu rühmen, indem sehr merkwürdige solcher nebligen Leuchten-Träger erschienen sind, sogar einer, der als ein beständiges Mitglied unseres Planetensystems eingebürgert worden ist.

Die Entdeckungen mehrerer Kometen haben wir Miss. Caroline Herschel, der unermüdeten und treuen Theilnehmerin an ihres Bruders Arbeiten, voll Eifer für die Astronomie, mit der Kenntniß des Himmels vertraut, zu danken. Der erste ist entdeckt den 1ten August 1786; und Folgendes ist die Nachricht, welche sie an Blagden mittheilt, unter dem 2ten August.

„In Folge der Freundschaft, welche zwischen Ihnen, wie ich weiß und meinem Bruder statt hat, wage ich es, Sie in seiner Abwesenheit mit folgendem unvollkommenen Bericht über einen Kometen zu beschweren. — Ich habe nicht oft Zeit, nach dem Himmel zu blicken, da ich die Beobachtungen niederschreibe, wenn mein Bruder am 20füßigen ist; da er aber gegenwärtig auf Besuch in Deutschland ist, so habe ich in seiner Abwesenheit mir Gelegenheit genommen, in der Nachbarschaft der Sonne Kometen aufzusuchen, den Himmel zu mustern, und gestern Nacht, den 1ten August 1786 um 10 Uhr herum, fand ich einen Gegenstand sehr ähnlich in Farbe und Helligkeit dem 27ten Nebel des französischen Verzeichnisses, mit dem Unterschied, daß er rund war. Ich vermuthete es sey ein Komet, ein Nebel trat ein, und es war darum nicht möglich, mich vollständig von seiner Bewegung zu überzeugen. Ich entwarf mehrere Zeichnungen von den Sternen, die mit ihm im Felde des Fernrohrs waren; ich übersende eine Kopie sammt meinen Bemerkungen zur Vergleichung. — 1786 1ten August 9 Uhr 50 M. der Gegenstand im Mittelpunkt sieht aus wie ein Stern, außerhalb des Brennpunkts, die übrigen sind vollkommen deutlich;

ich vermuthe, jener sey ein Komet. — 10 U. 33 M. Der vermuthete Komet macht nun ein vollkommen gleichschenkliches Dreyeck mit zwey Sternen a, b. — 11 U. 8 M. es ist so neblig dürftig, daß ich den kleinen Stern nicht hinlänglich sehen kann, um mich von der Bewegung zu überzeugen. Dem bloßen Auge erscheint der Komet zwischen 54 und 55 großer Bär, und 14. 15. 16 Locken der Berenice, und macht einen stumpfwinkeligen Triangel mit ihnen, die Spitze gegen Süden gekehrt. — 2ter August 10 U. 9 M. des Kometen Stellung gegen a, b ist durch eine Zeichnung, wie bisher, gegeben. Die Bewegung von voriger Nacht ist augenscheinlich — 10′ 30′; ein anderer beträchtlicher Stern c ist mit im Feld, wenn man a ins Centrum nimmt, und b und der Komet auf der Peripherie des Feldes stehen — die Beobachtungen sind mit einem Newtonischen Sucher von 27 Zoll Brennweite, Vergrößerung ungefähr 20, Gesichtsfeld 2° 12′ gemacht worden. Die Sterne a und c finde ich in keinem Katalog; ich denke sie lassen sich leicht am Himmel finden, dann wird sich die Stellung des Kometen um 10″ 33 von gestern ziemlich nahe bestimmen. — „Haben Sie die Güte diese Beobachtungen meines Bruders astronomischen Freunden mitzutheilen.“

Herschel sah den Kometen, als er von Deutschland zurückgekommen war, zuerst den 19ten August. Im 10füßigen Reflector war er nicht ganz unähnlich dem dritten Nebel des französischen Verzeichnisses, mit dem er sehr bequem, wegen ihrer Nähe sich vergleichen ließ. Er ist beträchtlich heller, und scheint ein sehr unvollkommenes und verworrenes Licht in der Mitte zu haben, welches kaum den Namen eines Kerns verdiente. Auch hatte er außer einer verwaschenen Mähne, ein sehr zartes, zerstreutes Licht gegen Nordost, das sich auf 3—4 Min. erstreckte, und sich unmerklich verlor.

Diesen Kometen beobachtete Wollaston an dem von ihm erfundenen Micrometer, einem System von Fäden durchs Fernrohr gezogen, das parallaktische Bewegung hat, vom 5ten August bis zum 2ten September; und gab noch eine Beobachtung vom 21sten September; die Sterne 14. 16, welche Miss. Herschel angegeben hatte; dienten ihm zur Vergleichung bis zum 11ten August.

Den zweyten Kometen, der wegen seiner Merkwürdigkeit aufgeführt werden muß, entdeckte Caroline Herschel den 7ten November 1795 mit einem fünffüßigen Reflector; ihr Bruder bestimmte seine Lage gegen benachbarte Sterne in derselben Nacht, woraus jene folgende Oerter ableitete in gerade Absteigung und Polardistanz für die Sternenzeiten:

7 Nov.	0 Uhr 33 Min.	20 St. 3 M. 43 S.	49° 17′ 18″
—	3 — 37 —	20 — 0 — 58 —	49 37 18

Herschel setzte die Orts-Bestimmungen fort bis zum 10ten;

über den Bau des Kometen findet sich Folgendes angemerkt: Nov. 7. 1 U. 51′. Der Komet hat keine Art von Kern, sondern sieht aus wie ein schlechtbegränzter Duft von Nebel, der vielleicht etwas heller (stärker) in der Mitte ist. Sein Durchmesser ist 5 Minuten. Nov. 9. 21 U. 59 M. Der Komet steht jetzt central auf einem kleinen Stern nordöstlich von 15 Schwan. Es ist ein kleiner teleskopischer Stern von etwa 11ter oder 12ter Größe, er ist doppelt, sehr ungleich und der kleinere Stern ist viel kleiner als der größere. Mit 287facher Vergrößerung sah ich den kleinern Stern vollkommen gut, daraus ergibt sich, wie wenig Dichtigkeit der Komet hat, der offenbar nichts Anders ist, als was man eine Sammlung von Dünsten nennen kann. Noch ist dabey zu bemerken, daß der Kern nicht central war. Daß der größere Stern des doppelten wenigstens 11ter und 12ter Größe sey, ergibt sich daraus, daß er im achromatischen Finder nicht sichtbar ist; der kleinere ist demnach allerdings ein äußerst kleiner Stern.

Diese Beobachtung einer Stern-Bedeckung durch einen Kometen, vielleicht bis jetzt die einige, ist entscheidend für die Dunst-Natur dieses Weltkörpers; wenn vielleicht der körperliche Kern nicht im Mittelpunkt, sondern excentrisch war, so wäre immer noch das Daseyn desselben auch nach dieser Bedeckung möglich; die Sichtbarkeit der Dunstwolke aus so großer Ferne ist durch bloßen Reflex nicht wohl allein zu deuten *).

2) Die merkwürdigen Kometen von 1807 und von 1811, — welcher letztere bekanntlich auch als ein astrologisches Phänomen bedeutend gehalten wurde — gaben Veranlassung, daß Herschel nach dem Vielen, was er sonst über Kometen gesehen, seine vollständige Theorie über diese sonderbaren Geschöpfe mittheilte; sie mit dem Wesen der Sonne, dem Daseyn seiner Nebel, und den Entwickelungen und fortschreitender Bildung in Uebereinstimmung brachte. Die Beobachtungen der Kometen von 1807 und 1811, welche hier zum Grunde liegen, sind im Wesentlichen folgende.

Komet von 1807.

Herschel behält in seiner naturgeschichtlichen Betrachtung die alten Namen bey, die man für diese Wesen angenommen. Der Kern ist der am stärksten verdichtete Dunst, oder Lichtmasse, oder Körper des Kometen selbst; wenn er sehr klein ist, erkennt ihn nur ein starkes Teleskop, und unterscheidet ihn vom Kopf, einer gedrängteren helleren Atmosphäre um den Kern; die Mähne ist der lichtzarte Dunst; der Schweif ist desselben Fortsetzung, von der Sonne abgekehrt.

---

*) S. Anmerkung 10.

Der Komet hatte einen K e r n, dessen Scheibe deutlich zu sehen war. (4ten October mit zehnfüßigem Reflector.) Die Untersuchung ergab, daß es kein falscher Durchmesser war; starke Vergrößerung von 400 bis 500 ertrug er nicht; er ist vollkommen rund, und gut begränzt, durchaus gleichförmig hell. (Den 4ten, 18ten 19ten October) etwas mit röthlicher Mischung, doch weniger als Arcturus dem bloßen Auge erscheint (October 19.); der Kern erschien noch 20. November in einem 7füßigen Fernrohr mit 75facher Vergrößerung deutlich, aber äußerst klein, und kaum etwas größer als ein bloßer Punkt. — Nach einer bloßen S c h ä t z u n g im siebenfüßigen konnte der Durchmesser nicht über 3 Sekunden betragen (4ten Oct). Eine Vergleichung aus dem Gedächtniß mit Uranus — der mit demselben Instrument so oft beobachtet worden — gab den Kern viel kleiner — die Vergleichung a u s d e m G e d ä c h t n i ß *) mit kleinen Kügelchen, die Tags zuvor gesehen worden, gab (8ten Oct.) den Durchmesser kleiner als 2″,47, großer als 2″,77. Den 19ten October bey sehr heitrer Luft mit 289facher Vergrößerung kleiner als 2″,47, übrigens zeigte der 20füßige, der große 10füßige, bey gleicher Vergrößerung, den Kern auch gleich groß (Oct. 6. 28). — Abwechselnde Betrachtung des Kometen und des dritten Jupiters-Trabanten — (doch wegen des tiefen Standes waren sie nicht sehr deutlich zu sehen) gab 6ten October den Durchmesser des Kometen kleiner als das Doppelte. Den 29sten October ein neuer sehr vollkommener 10füßiger Reflector zeigte den Durchmesser kleiner, als den des dritten Trabanten, in wiederholter Beobachtung.

Wenn man den Kometen mit einem geringeren Teleskop betrachtet, oder wenn die Vergrößerung eines ziemlich guten Fernrohrs entweder zu tief oder zu stark ist, so scheinen die sehr hellen Strahlen um den Kern herum zu ihm zu gehören, sie bilden dann das, was man den K o p f nennt.

Auf diese Weise betrachtet, erschien der Komet wie Jupiter mit demselben Fernrohr. Ein besseres zeigte im Centrum des Kopfs einen kleinen runden wohlbegränzten Tupf. (Den 19ten Oct.) den 20sten Nov. war der Kopf weniger glänzend, als er gewesen war.

D i e M ä h n e. Die den Kopf umgebende neblige Erscheinung erschien (6ten Oct.) ungefähr von 6 Minuten im Durchmesser. Den 6ten December in einem Spiegel von 24 Zoll Durchmesser nur unter 4′ 45″.

Den S c h w e i f des Kometen in seinen Entwickelungen beobachtete H e r s c h e l bis 21 Febr. 1808 — den 12ten October war er im Nachtfernrohr, dessen Feld 5 Grad faßte, auf 3½ Grad

*) S. über diese neue Methode den Abschnitt über die Asteroiden §. 4.

geschätzt der Länge nach, bey sehr starker Dämmerung. Den 20sten November war er noch 2½ Grad lang. — Die Gestalt des Schweifs ist nicht symmetrisch; die südwestliche Seite ist größer, schärfer begränzt (ausgenommen am Ende) als die nordöstliche, welche überall duftiger, unförmlicher ist, besonders gegen das Ende; die nordwestliche Seite ist auch kleiner. Man sieht dieß mit bloßem Auge (28ten Oct.); dieselbe Erscheinung bleibt den 30sten October. Den 6ten December ist der Schweif auf 23 Min. zurückgekommen. — In einem Spiegel von 24 Zoll Durchmesser gleicht er einem von den Nebeln, die in meinem Verzeichniß beschrieben wurden „ein sehr großer, glänzender Nebel, rund, plötzlich viel heller in der Mitte.“ Den 16ten Decbr. die Nacht sehr schön, Mond noch nicht aufgegangen; im 7füßigen gleicht der Komet einem sehr hellen, großen, irregulär runden Nebel, sehr allmälig viel heller in der Mitte, mit einem zarten Nebelduft südwestlich. — Den 1ten Jan. 1808. mit 7füßigem „sehr hell, sehr groß, sehr allmälig viel heller in der Mitte.“ — Er sah aus, wie wenn sein Centrum aus Sternen bestände; das 10füßige mit einer starken Vergrößerung zeigte auch in der That mehrere kleine Sterne, welche durch die Nebelmähne hindurchschienen. 14ten Jan. hell, ziemlich groß, irregulär rund, heller in der Mitte. 2ten Febr., mit 10füßigem 24 Zoll Oeffnung erschien er „sehr hell, groß, irregulär rund, sehr allmälig viel heller in der Mitte.“ Nordwestlich ist verwaschener Nebelduft (der Rest des Schweifs); den 19ten Febr. ist er noch beträchtlich hell, im Durchmesser $\frac{1}{7}$ des Gesichtsfelds, also 3′ 26″, stufenweise heller in der Mitte. Die feine Neblichkeit an der Stelle, wo der Schweif war, projicirt sich immer noch etwas weiter vom Centrum hinweg. Dasselbe fand noch den 21sten Febr. statt, doch war er weniger hell, aber beynahe eben so groß.

Daß der Schweif des Kometen nicht vollkommen durchsichtig *) sey, wurde aus der Vergleichung des Glanzes mehrerer Sterne, vor und nach ihrem Eintritt in verschiedene Theile des Schweifs, unter sich und mit andern, außerhalb des Schweifs, außer allen Zweifel gesetzt.

Komet von 1811.

Die Theorie der Kometen, so unvollständig sie auf der einen Seite, und so sinnreich auf der andern sie war — wie die Beobachtung, oder die supplementäre oder prophetische Darstellung es mit sich brachte — ging doch bis zum Jahr 1811 nicht weiter, als auf die verschiedenen Zustände von Dichtigkeit oder Dunst, in dem sich diese Weltkörper — gleichsam als Mittelglieder der Pla=

*) S. Anmerkung 11.

neten-Schöpfung oder als vermittelnde befinden; auf die Größe, Gestalt ihres leuchtenden Dunstschweifes. Ueber die Art ihrer Lichtentwickelung, über die Wirkung der Sonne, über ihren Bestand, über die Gefahren, die sie etwa unserer Erde oder den Planetensystem bringen könnten, wurden die Ansichten von verschiedenen Seiten mitgetheilt. Der Komet von 1811 zeigte aber in seinem Bau solche Eigenthümlichkeit, daß die bildenden und wirkenden Kräfte wohl höherer Art sind, als bisher angenommen worden. Die Beobachtungen über den Kometen, welche von Herschel mit den verschiedensten Teleskopen an Licht, Deutlichkeit und Vergrößerung angestellt worden, dienen vollkommen dieser Ansicht zur Grundlage; sie sind im Wesentlichen folgende.

Das bloße Auge erkannte eine leuchtende Stelle, nicht unähnlich einem Stern. Im Fernrohr erschien er als der Kopf des Kometen, in dessen dichtestem Licht ein äußerst kleiner heller Punkt war, vollkommen unterschieden von dem umgebenden Glanz; der 20füßige, große und gewöhnliche zehnfüßige, das 7füßige bestätigten dieß. Es war der planetarische Körper des Kometen. In einem neuen 10füßigen Fernrohr von außerordentlicher Deutlichkeit wurde er jenen heitern Abend beobachtet; es fand sich, daß, obgleich sein Umriß gewiß nicht anders als rund war, jedoch nur selten man gewahr wurde, daß er bestimmt so sey. — Es wurden nun stärkere Vergrößerungen angewandt, die bisherigen gingen nur bis 160. Mit 169facher schien sein Durchmesser gleich dem eines Kügelchens, das den Morgen vorher mit demselben Instrument und Vergrößerung betrachtet worden war; dieß gab 1″,39: dieser Durchmesser wurde als ein falscher vermuthet; daher mit mancherley Vergrößerungen die Beobachtungen fortgesetzt wurden, um sich zu überzeugen, daß der Durchmesser gleichförmig zunahm. Mit 600 des 10füßigen sah man ihn noch besser als mit 400, also daß er stetig im Gesicht blieb, wenn er durchs Feld des Fernrohrs durchging. Er wurde mit dem scheinbaren Durchmesser mehrerer Kügelchen verglichen — aus dem Gedächtniß, indem sie den Morgen vorher und nachher betrachtet wurden — er war kleiner als eines, dessen wahrer Durchmesser 1″,06 und größer als eins, dessen Durchmesser 0″,68 war. Man kann ihn also auf 0″,775 Durchmesser annehmen; folglich nach seinem damaligen Stand gegen die Erde in Meilen 428. — Diese planetarische Scheibe war von blaß rother Farbe, ähnlich kleinen Sternen, die sich ins Rothe ziehen. — Die excentrische Lage derselben gegen oder in dem Kopf ergab sich aus Beobachtungen vom 16. 17ten October, und 4ten und 10ten November: der Kopf war gegen die Sonne hin nämlich etwas heller und breiter als gegen den Schweif; der Kern lag also jenseits des Centrums des Kopfs, von der Sonne an gerechnet. Diese Excentricität war im November größer. — Ob der plane-

tarische Körper gleich sehr klein war, so würde doch bey den starken Vergrößerungen eine bedeutende Abweichung von runder Gestalt bemerkt worden seyn, (die Beleuchtungsphase war 0,8.) wenn er bloß von der Sonne sein Licht gehabt hätte.

Der Kopf des Kometen erschien dem bloßen Auge wie ein sterniger Kern; so blieb er im Nachtrohr, bey 6—8facher Vergrößerung; bey 60 bis 120facher Vergrößerung verschwindet dieser täuschende Schein; dieß rührt her von der Lichtanhäufung, die in dem Raum von wenigen Minuten verdichtet ist, und folglich verschwindet, wenn sie durch Vergrößerung verwaschen wird. Den 16ten September, mit dem großen 10füßigen und 110facher Vergrößerung, erschien er, wie ein kuglicher heller Nebel, ungefähr 5—6 Min. im Durchmesser, wovon 2 oder 3 Minuten um das Centrum her nahe zu gleich hell erschienen. Das kleine 10füßige eben so. In allen Instrumenten verwandelte sich die Erscheinung in einen brillianten Kometenkopf; nur mit dem Unterschied, daß bey starken Vergrößerungen die centrale Licht-Anhäufung (die bey mäßigen ziemlich gleichförmig war) verwaschen erschien, und allmählig abnahm von der Mitte nach Aussen, und sich in unmerklichen Abstufungen verlor, besonders an den Seiten und den östlichen Theilen, in einen dunklen Raum, welcher nach spätern Beobachtungen für eine kometische Atmosphäre gehalten wurde. — In den verschiedenen Fernröhren erschien der Kopf des Kometen grünlich, oder bläulich grün. Sein Aussehn war gewiß sehr besonders. Auch die Lichtvertheilung im Kopfe war mit einigen merkwürdigen Umständen begleitet. Ungeachtet eine größere Anhäufung des Lichts in der Mitte statt hatte, so schien doch ein größerer Theil — als eine gleichförmige Vertheilung erforderte — gegen die Sonne gekehrt. Sehen wir den Kopf des Kometen als die Mähnen um den planetarischen Punkt an, so erschien deren excentrisches Licht noch auffallender; denn dieser Punkt war beständig mehr oder weniger entfernt von der Sonne als die hellste Lichtmasse um ihn herum. Die Excentricität des Kopfs war in der That so beträchtlich, daß in Betracht der Schwierigkeit den (hellen) Punkt zu sehen, er leicht demjenigen hätte entgehen können, der ihn im Centrum des Kopfs suchte. — Die Größe des Kopfs wurde aus Vergleichung mit dem Felde des Fernrohrs hergeleitet; das 10füßige gab (den 29ten September) 3′ 0″; das 20füßige (den 6ten Oct.) 3′ 45″; damals war also sein wirklicher Durchmesser 127tausend Meilen.

Jedes Instrument, durch welches Herschel den Kometen untersuchte, zeigte einen verhältnißmäßigen sehr lichtschwachen oder vielmehr dunklen Zwischenraum, welcher den Kopf umgab, und in welchen das allmälig abnehmende Licht der centralen Helligkeit sich verlor. Eine durchsichtige elastische At-

mosphäre umgab also den Kopf des Kometen. — Von der Durchsichtigkeit derselben versicherte man sich den 18ten Sept., da 3 sehr kleine Sterne durch sie hindurch sichtbar waren: die Elasticität ergibt sich daraus, daß eine andere hellere Atmosphäre in Parallelismus sie umgibt; der Raum muß also mit einem elastischen Fluidum ausgefüllt seyn. — Dieser kreisförmige dunkle Raum füllte den 20sten October gerade das Gesichtsfeld des 20füßigen, also war sein Durchmesser 15 Minuten; und sein wahrer 507tausend Meilen; die ganze Ausdehnung desselben ist nicht zu beobachten.

Durch einen Achromat — Vergrößerung 65 — bemerkte Herschel zu Alnwick, daß der Kopf des Kometen theils mit einem Streif von Licht umgeben war, der aber durch einen Zwischenraum, von verhältnißmäßiger Dunkelheit, in beträchtlicher Entfernung sich hielt. Dieß war ein Lichtüberzug. Seine Gestalt war bey schwachen Vergrößerungen nicht über 16fach; dem Ansehn nach kreisförmig, umgab er kaum den Kopf des (mit dem dunklen Raum) Kometen; theilt sich vorher noch in zwey Ströme, die an beyden Seiten des Kometen sich fortzogen. — Die Farbe dieses Ueberzugs hatte (mit dem 7. 10. 20füßigen Fernrohr betrachtet) einen starken gelblichen Strich, und bildete einen schlagenden Gegensatz mit dem grünlichen des Kopfes — die Entfernung der äußern Seite dieses Licht-Ueberzugs, in der Richtung gegen die Sonne, war ungefähr 9′30″; also der ganze Durchmesser (wenn er etwa einen Halbkreis nach beyden Seiten einnahm) 19 Min. dieß gäbe den Durchmesser 643tausend Meilen.

Ueber den Schweif *) des Kometen finden sich die folgenden Beobachtungen. Den 2ten September, als der Mond über dem Horizont, der Komet tief und das Wetter duftig war, konnte kein Schweif bemerkt werden. Den 9ten September 9—10 Grad lang; — 18ten 11—12 Grad. 6ter October 25 Grad, 12ten 17 Grad geschätzt, — 14ten erschien er 17½ Grad — den 15ten bey sehr heiterer Atmosphäre und sehr sorgfältiger Forschung, nahm der Schweif einen Raum von 23¼ Grad ein; nehmen wir die schiefe Stellung dazu, in welcher er uns erschien, so betrug seine Länge bis gegen 100 Millionen Meilen. — Die Breite des Schweifs läßt sich nicht wohl beschreiben nach ihren Veränderungen; das zerstreute Licht an den Seiten verliert sich wegen seiner Zartheit so, daß seine Begränzung sehr zweifelhaft wird. — Dem 12ten Oct. war die größte Breite 6¾ Grad, 5—6 Grad vom Kopf weg fing er an etwas sich zusammenzuziehen — 15ten October war er nahe zu von eben dieser Breite

*) S. Anmerkung 12.

in der Mitte seiner Länge. Den 12ten betrug demnach seine Breite 15 Millionen Meilen — die Krümmung des Schweifes wird gewöhnlich nur in Beziehung auf die Bewegungsrichtung des Kometen betrachtet, es finden sich aber Veränderungen in demselben von andern Ursachen herrührend, wie später berichtet werden wird. Schon den 9ten und 10ten September war die Krümmung beträchtlich — den 13ten sah es aus, als bliebe das Ende des Schweifs etwas — in Beziehung auf die Richtung — hinter dem Kometen zurück; den 17ten Oct. war er krümmer als je — aber den 2ten Decbr. war die Krümmung in entgegengesetzter Richtung als vorher, und nach Osten convex. — Im Nachtfernrohr (welches 4° 41 faßt) war der Schweif eingeschlossen an den Seiten von den zwey Lichtströmen, die — wie oben beschrieben eine Fortsetzung des hellen Bogens, oder Ueberzugs über den Kopf waren. Sie warfen (18ten Septbr.) zerstreutes Licht umher gegen das Ende des Schweifs gelangend, und waren am Ende so verwaschen, daß der entfernteste Theil des Schweifes nur zerstreutes Licht enthielt — Oct. 12 waren sie in ihrem divergirenden Lauf in einer Länge von ungefähr 6 Grad zu unterscheiden, sodann verbreitete sich ihr zerstreutes Licht ziemlich gleich über den Schweif. Den 15ten Octobr. war der westliche Zweig des Schweifs 7° 1′ lang, der östliche nur 4° 41′, dieß brachte den Anschein einer irregulären Krümmung hervor; sie waren gleich den 3ten November; den 5ten war Länge des westlichen 5° 16, des östlichen 4° 41′; den 9ten sah man sie noch in einer Ausdehnung von voll 4°, mit zerstreutem Licht; den 10ten Länge des westlichen 5° 16; des östlichen 3° 31′, jener war auch voller und breiter — das Neblige des Schweifs untersucht (18. Septbr.) mit einem 10füßigen glich vollkommen dem milchigen Nebel im Orion an den Stellen, wo er so hell war als der Schweif. — Als er (9. Nov.) in der Nähe der Milchstraße war, glich er vollkommen den Theilen derselben, in welchen keine Sterne sichtbar sind.

Ueber die Veränderungen, die der Komet in seiner Gestaltung und einzelnen Theilen erlitt — die nicht bloß scheinbar waren, von seiner größern Entfernung herrührend, sondern wirkliche physische Umwandlungen — bis er wieder das Aussehen eines Nebels erhielt, gibt Herschel folgende Beobachtungen.

1. **Der planetarische Körper verschwindet allmälig.** Den 4ten November war im 10füßigen, mit 289facher Vergrößerung, die planetarische Scheibe noch zu sehen; wohl aber war sie etwas excentrischer als gewöhnlich. Den 9ten November sah man sie mit 168 unvollkommen; besser mit 240facher Vergrößerung; doch die Nebligkeit des Ueberzugs überwog ihr Licht; 10ten Nov. war noch mit dem großen 10füßigen Te-

leskop ein Blick von der Scheibe und ihrer Excentricität erhascht; 13ten Novbr. war mit allen Vergrößerungen kein planetarischer Körper mehr zu sehen.

2. Der durchsichtige (dunkle) Theil der Atmosphäre verschwindet eingehüllt in das zerstreute Licht des Ueberwurfs, der sich zusammengezogen hat.

Den 4ten Novbr. war sie bereits im Nachtfernrohr verschwunden. Das 10füßige mit einem großen Augenglas zeigte den Ueberzug näher am Kopf, die Distanz am Scheitel war kleiner als 7′ 10″, die dunkle Atmosphäre war fast ganz in den sich zerstreuenden Duft der Lichtströme gehüllt. — Den 5ten war der Ueberwurf immer noch vom Kopf entfernt. aber auf der Seite gegen die Sonne hatte viel zerstreutes Licht die kometische Atmosphäre verwischt — den 9ten war sie fast ganz bedeckt, Distanz des Ueberzugs 5′45. Den 10ten war nur ein kleiner dunkler Raum übrig; Distanz des Ueberzugs 4′ 46″. Den 13ten ganz verwischt gegen die Sonne zu, auf der entgegengesetzten Seite war sie eher dunkler (oder durchsichtiger); den 14—16 November die Atmosphäre war immer mehr bedeckt. Den 19ten war (im zehnfüßigen) der Ueberwurf so breit und zerstreut, daß man die Atmosphäre nicht sah. Der Komet scheint sich dem Aussehn eines Nebels zu nähern. Den 24ten sah er auf der Seite der Sonne aus wie ein kugliger Nebel, mit einem zarten duftigen Rand, der Ueberwurf hat sich nämlich in Duft aufgelöst. Ist aber noch den 2ten December von verschiedener Farbe als der Kopf, der sein vorheriges grünliches Aussehn hat. Aber den 9ten Decbr. hatte sich der Ueberzug unerwartet wieder erneuert (den 5ten war er noch ein duftiger Rand gewesen), doch war er sehr schmal, und schwächer als gewöhnlich; Distanz vom Centrum des Kopfes $4\frac{3}{4}$ Minuten; den 14ten war er wieder verschwunden.

3. Der Ueberzug löst sich, unter ungewöhnlichen Erscheinungen, auf. Den 4ten November war mit dem 10füßigen der Ueberzug gegen die Sonne zu doppelt, und theilte sich auf jeder Seite in drey Ströme, wovon die äußeren sehr lichtschwach waren und nicht sehr lang. Den 5ten November hatte nur die westliche Seite des Ueberzugs einen zarten zweyten nach Außen. Den 13ten war die östliche Seite in drey Ströme getheilt, wovon die äußeren sehr schmal und dünn waren; westlich war nur ein kleiner Strom, so weit entfernt als der äußerste der östlichen. Den 14ten war ein sehr feiner Strom westlich nach Außen, der östliche war kleiner und noch zärter. Den 14ten December war nur westlich ein kurzer und zarter Strom nach Außen.

4. Die Länge der Ströme (Zweige) ändert sich auf ungewöhnliche Weise. Den 15ten October, den 5ten und 10ten November war die westliche am größten. Den 3ten und 9ten

9ten waren sie gleich — den 13ten war der westliche 3°31′ der östliche 4°,6. Den 14ten ungefähr beyde 3°31′ lang; den 15ten der westliche 3°31, der östliche 4°,6; den 16ten der westliche 3°13 der östliche 3°48, den 19ten beyde ungefähr 4°23′. Den 2ten December waren sie beynahe gleich, ungefähr 3°12′ lang; sie vereinigten sich mehr an den Seiten als am Scheitel, und hatten ihr voriges lebhaftes Aussehn verloren; ihre Farbe war wie die von zerstreutem Licht. Den 9ten und 14ten waren sie so zerstreut, daß genaue Beobachtung unmöglich war.

5. Der Richtungswinkel des Ueberzugs ändert sich. Den 4ten November, im 10füßigen, mit großem doppeltem Augenglase, war der Winkel, unter welchem die Ströme von ihrer Quelle ausgingen, größer. Wahrscheinlich kam dieß her von einer Contraction des Ueberwurfs auf der Seite gegen die Sonne, aber nicht an der Wurzel der Ströme. Den 13ten Nov. war der Biegungswinkel am Scheitel beträchtlich vergrößert. Im Nachtfernrohr war aber gewiß die Divergenz der Ströme selbst nicht größer geworden. Den 24sten war die Divergenz der Lichterscheinung, welche man immer noch den Ueberzug nennen kann, ob man sie gleich nicht mehr vom Kopf unterscheiden kann, zwischen 60 und 65 Graden: aber im Nachtfernrohr, waren die kaum sichtbaren Zweige, enger beysammen als vorher — die Nebenströme des Ueberzugs (S. oben November 4. 5. 13. 14.) gingen stets unter einem größern Winkel vom Scheitel aus als die permanenten inneren Ströme.

6. Der Schweif verkürzt sich. Den 5ten November bey heiterer Luft war der Schweif sehr zurückgekommen; nicht über 12½ Grad lang, den 9ten 10° lang; den 15ten im Nachtfernrohr sehr verkürzt. Den 16ten mit dem bloßen Auge 7½° lang den 19ten ungefähr 6° 10′; den 2ten December kaum 5° lang, und von sehr schwachem Licht; den 9ten hatte er sich nicht sehr geändert; den 14ten wie vorhin, nur das Ende war viel schwächer.

7. Die Dunkelheit zwischen den Strömen, die den Schweif einschließen, nimmt zu. 4ter November. Die Dunkelheit am Kopf auf der Seite der Sonne war merklicher geworden, und weniger mit zerstreutem Licht gefüllt. Den 5ten war sie auf der der Sonne entgegengesetzten Seite stärker als auf der Sonnenseite. Den 10ten nahm zwischen den zwey Zweigen des Schweifes eine bedeutende Dunkelheit überhand. Den 14ten. Dicht am Kopfe war im Schweif ein großer Raum frey von zerstreutem Licht; in ihm zeigten sich die kleinen Sterne der Milchstraße so hell, als hätte nichts ihr Licht aufgefangen. Den 16ten. Der Raum zwischen den Strömen war von beträchtlicher Dunkelheit. Den 19ten hatte sie zugenommen (mit dem 10füßigen beobachtet); den 9ten December war der Raum dicht am Kopfe gegen

die Sonne ganz dunkel oder vielmehr durchsichtig; den 14ten waren mehrere kleine Sterne der Milchstraße in dem dunkeln Zwischenraum des Schweifs, dicht am Kopf des Kometen.

Herschel zieht aus diesen Beobachtungen die Folgerungen über den Bau dieses Kometen. Der planetarische Körper war kugelförmig, und ihn umgab concentrisch eine durchsichtige Atmosphäre, über welche wie ein hohler Kegel ein sehr dünner leuchtender Ueberzug ausgebreitet war, und sich fortzog hinter den Kometenkörper, und die hellen Ströme, die den lichtschwächern Schweif umgaben, dem Schein nach hervorbrachte.

Der zweyte Komet von 1811.

Der Körper dieses Kometen, oder Kern, war sehr bedeutend; den 1ten Jan. sah man einen beträchtlichen Kern, mit einer sehr dünnen Mähne. Den 2ten Januar war dieser Kern sehr groß gefunden, wenn er planetarisch wäre, aber zu klein, wenn es der Kopf des Kometen seyn sollte; er wurde 5—6 Sekunden geschätzt. Beyde Kometen wurden abwechselnd beobachtet, und mit einander verglichen. Der erste — gehüllt in einen Nebel, der unter der Gestalt eines glänzenden Kopfes von großer Ausdehnung war, hatte nichts, was einem Kern ähnlich war; das Licht des Kopfes war sehr allmälig viel heller bis gerade in die Mitte, sein kleiner planetarischer Körper war unsichtbar: der zweyte Komet hingegen, wiewohl umgeben mit einer feinen Mähne, schien ganz Kern zu seyn; denn der plötzliche Uebergang vom centralen Licht zu der Mähne widerspricht der Annahme einer allmäligen Verdichtung von nebligem Stoff, wie in dem ersten Komet, sondern deutet offenbar dahin, daß Kern und Mähne zwey verschiedene Dinge seyen. So erschien den 8ten und 18ten Januar dieser Kern noch; den 8ten bey 170facher Vergrößerung war er zwar weniger hell, aber besser begränzt — den 20ten Januar wurden mit einem sehr scharfen 10füßigen Reflector drey Messungen unter verschiedenen Vergrößerungen so angestellt, daß die Bilder des Kerns dem Gedächtniß nach der Reihe übergeben wurden. Den andern Morgen wurden Kügelchen beobachtet, bis eines derselben dieselben Bilder nach der Reihe der Vergrößerung gab; daraus ergab sich der Durchmesser des Kerns 5'',2744. Nach Gauß Elementen, mit einer kleinen Verbesserung in der Länge des Periheliums, war die Distanz des Kometen von der Erde zur Zeit dieser Messung, 1,0867; gibt den Durchmesser des Kerns wenigstens 2637 Meilen.

Das dünne, weißliche, zerstreute Licht, was um den Kern war, kann man die Mähne des Kometen nennen. Den 1sten Januar (mit einem 10füßigen Reflector) hatte sie das Ansehen eines feinen Duftes, zwar von einiger Ausdehnung, aber nicht

viel heller am Kometen-Kern, als weiter hinweg. Den 7ten Januar wurden die beyden Kometen vergleichend beobachtet. Der erste unterschied sich von einem hellen kugligen Nebel nur durch das zerstreute Licht seines Schweifs, der immer noch 2° 20′ lang war. Der zweyte bestand einzig aus einem Kern, umgeben mit sehr zarter Mähne; hätte er nicht ein äußerst schwaches Licht auf der von der Sonne abgewandten Seite gehabt, so hätte er den Namen Komet schwerlich verdient; er sah vielmehr aus wie ein Planet, betrachtet durch eine mit Nebelduft erfüllte Atmosphäre; die Mähne war so dünn, daß bey 170facher Vergrößerung sie beynahe sich verlor, den 8ten Januar; den 18ten war sie äußerst dünn und klein, als der Mond nun am 20sten Januar eintrat waren keine Beobachtungen mehr genau möglich.

Ebenso blieb der Schweif vom 20sten Januar an nicht mehr sichtbar, den 1sten Januar bey schwacher Vergrößerung des 10füßigen erschien er als ein äußerst dünnes, zerstreutes Licht, der Sonne entgegengesetzt: so blieb er den 8ten, und war sehr schmal; den 18ten war seine Länge geschätzt durch den Raum, den er im Gesichtsfeld einnahm, 9′ 40″. Dieß gibt eine wahre Länge von 659tausend Meilen.

3) Herschel theilt dann einige allgemeine Absichten über den physischen Bau, die Entwickelungen und die Rolle der Kometen mit.

Der Gedanke, den wir bey der Theorie der Sonne schon 1801 ausgesprochen finden, daß nämlich die Kometen der Sonne Licht zuführen, um ihren Lichtverlust, den die Planeten-Erleuchtung nothwendig macht, zu ersetzen, hat in seiner Allgemeinheit etwas Außerordentliches. Man muß sich den Kometen denken, der in die Tiefe des Himmels sich verliert, um dort den im Weltraum zerstreuten Lichtstoff oder das von Herschel erblickte Urlicht und Nebel, gleichsam um sich anzuhäufen. Die Sonne, in deren Nähe er kömmt, zersetzt gleichsam diesen angesammelten Stoff, den er nun durch die Planetenwelt ausgießt, oder den die Sonne einsaugt; es ist also auch möglich, daß er selbst den Aether, in welchem das Planetensystem sich gerade bewegt, wieder befruchtet oder mit Licht in seinen Urstoffen wieder sättigt.

Die Aehnlichkeit der Lichtnebel und der Lichthülle der Kometen, auf einer gewissen Stufe kometischer Entwickelung, behauptet Herschel. Die Beobachtungen fordern unzweifelhaft manche Hüllen der Kometen als selbstleuchtend zu betrachten; wiewohl die Lichtstärke der Nebel unvergleichbar größer seyn muß, da der leuchtende Komet bald unsichtbar wird.

Die organische innere Bildsamkeit der Kometen, kraft der sie mehrere Stufen durchlaufen können, deren Wendepunkt immerhin der Durchgang durchs Perihelium bezeichnet, ist eine An-

sicht, welche den Reichthum der Uebergänge in dem Planetensystem vergrößert. Je öfter ein Komet durch das Perihel gegangen, oder je mehr perihelisirte Materie er erhalten, desto mehr nähert er sich einem bleibenden, mehr planetarischen Zustand, wenn er überhaupt eines solchen fähig ist, oder seine Bestimmung oder Ursprung nicht ein eigenthümlicher ist. Die verschiedene Construction der Kometen von 1811, von 1807 und 1795 müssen auf diese Weise eine Deutung erhalten. Es wäre auch beschränkt, diese unendlich große Menge von Kometen, die sich in unserm System befindet, gleichsam nur als eine einzige Species anzusehen. Herschel hatte schon in der Abhandlung über die Asteroiden aufmerksam gemacht auf die mannichfache Bildung und also auch Functionen der Kometen. Wie sehr bestätigt sich dieß durch den Komet der Miß Herschel, der nun unserm Planetensystem vollkommen angehört, und auf eine eigenthümliche noch nicht entwickelte Weise die Vermittelung in der Planetenwelt übernommen hat.

Mit der Sonne treten die Kometen noch in eine eigenthümliche Beziehung. Der große Komet von 1811 hat eine auffallende Aehnlichkeit in einigen Beziehungen mit der Sonne. Ueber ihm lagerte sich eine dunkle atmosphärische Schichte, unter welcher ein wie es scheint planetarischer Körper war; über die dunkle schichtete sich wieder eine leuchtende, welche sich in mehrere Zweige vertheilte, und den leuchtenden Ueberwurf oder Ueberzug bildete, der sich wie ein Schweif hinzog. So liegt über dem Sonnenkörper eine durchsichtige Schichte; in der schwimmen im Zusammenhang Wolken, über welche sich dann die eigentlich leuchtende Atmosphäre der Sonne lagert. So wie in der Sonnenatmosphäre Lichtveränderungen vor sich gingen, aus innerem Bestand, so bey des Kometen äußerer oder höchsten atmosphärischen Schichte die Veränderungen von Sonneneinwirkung, wie sie oben beschrieben worden. Demnach hätte der Komet alle Elemente einer solaren und planetarischen Bildung in sich *).

---

§. X. Die Sonne.

1) In der Mitte dieser planetarischen Körper, die an Macht und Bau von so mannichfacher Art, und unabhängig betrachtet, selbst die Mittelpunkte eigenthümlicher Systeme sind — dieser wahrscheinlich unzählbaren Kometen, die von der untersten Stufe eines bloß leuchtenden Dunstes bis zum Planetenartigen, Kernigen mit überwiegender Atmosphäre sich zeigen — erglänzt ein übermächtiger Körper, der Herd der Götter, das heilige Feuer

---

*) S. Anmerkung 15.

im Mittelpunkt der Welt. — Ist diese unerschöpfliche Lichtquelle jenen in den obern Regionen ähnlich; ist dieser Lichtkörper eine Vereinigung von Lichtelementen, die sich dort in unzählige Sternpunkte aufgelöset, und als Sternhaufen von uns bewundert werden? Nährt sie sich aus eigenem Stoff oder aus dem umgebenden Weltäther? Oder ist die Sonne selbst Stern-Natur? Oder schmeicheln wir uns nur deßwegen damit, um die Aufschlüsse, die wir durch Beobachtung über den uns nächsten Stern erhalten können, auch auf die übrige Sternwelt ausdehnen zu können? — Wodurch hat sich bey der Sonne die Uebermacht des Lichts und der Größe zugleich mit der Herrschaft über eine Planetenwelt vereinigt, und über Kometen, die wohl zum Theil als selbstleuchtende Welt-Wesen angenommen werden können? Die Lichtentwickelung ist nicht die Vermittlerin, wenigstens nicht die einzige, der attractiven Kraft. Wäre diese — wohl auch die Sympathie der Körper genannt — jener parallel, welchen Glanz müßte Jupiter haben; und die Kometen, diese unwirksamen Massen, leuchten doch mit eigenem Licht; und die mancherley Formen von Planeten und Trabanten und leuchtenden wolkigen, oder ganz durchsichtigen Atmosphären, deuten auf andere Gesetze. — Unsere Erde gibt uns eben so wenig Aufschlüsse über das Wesen dieser ewig sich erneuernden Lichtströmung; die größte Art von Lichtentwickelungen, welche wir auf der Erde gewahren, ist das Nordlicht. Seine Beziehung zu den Polen unserer Erde gibt ihm aber offenbar eine Bedeutung, die nicht auf allgemeine Weise auf die Sonne übergetragen werden kann; die phosphorischen und elektrischen Wirkungen, die in dem Gegenwirken der einzelnen Körper Lichterscheinungen hervorbringen, oder das Brennen der Körper mit Licht, dessen höchste Erscheinung der vulkanische Ausbruch ist — setzen das Daseyn unserer Atmosphäre voraus, sind also theils allgemeine theils rein bloß irdische Wirkungen. Wenn man in der That die Ansichten, die über den Lichtzustand der Sonne von den Gelehrten ausgesprochen wurden, beurtheilen soll, so ist es wohl gelinde zu sagen, daß sie durch schwache Bilder und Gleichnisse aus dem beschränkten Kreise unseres Sonnentrabanten — nämlich der Erde — die ungeheuren atmosphärischen Schauspiele, welche die Sonne darbietet, darstellen wollten. Herschel*) führt einige derselben an. „Man hat die dunklen Flecken in der Sonne für feste Körper gehalten, die nahe an der Oberfläche um dieselbe herumkreisen. Man hat sie für den Rauch von Vulkanen, oder den Schaum, der auf dem Ocean von flüssiger Materie umherschwimmt, gehalten; für Wolken, für dunkle Massen, die in leuchtender Materie der Sonne

*) In der Abhandlung v. J. 1795.

schwimmen und auf und nieder tauchen: (Man könnte hinzufügen, daß dieß Meer ein chemisches sey, das die Oberfläche der Sonne auflöst, und die zerstörten Massen in sich wiegt) ein brennendes Flüssiges sollte die Sonne umgeben, das in Ebbe und Fluth begriffen, die höchsten Punkte der Sonne bisweilen bloßlegte, sie bey der Rückkehr wieder bedeckte, so daß sie allmälig verschiedene Gestalten annahm. — Die Sonne selbst nannte man eine Kugel von Feuer, vielleicht nur metaphorisch. Sinnreich berechnete man den Verlust derselben durchs Verbrennen; und die unmäßige Kraft derselben Kometen-Körper zu erhitzen, die in ihre Nähe kommen. Die hellen Flecken, oder Fackeln nannte man Wolken von Licht oder leuchtende Dünste.“ Dem Gedanken an eine wirklich brennende und demnach einst auch verlöschende Sonne hängt noch Kant an,*) und mahlt diesen ungeheuren Brand seinen Lesern noch ganz besonders aus. „Zuletzt lasset uns der Einbildungskraft ein so wundersames Object, als eine brennende Sonne ist, gleichsam in der Nähe vorstellen. Man sieht in einem Augenblick weite Feuerseen, die ihre Flammen gen Himmel erheben, rasende Stürme, deren Wuth die Heftigkeit der ersten verdoppelt, welche, indem sie selbige über ihre Ufer aufschwellend machen, bald die erhabenen Gegenden dieses Weltkörpers bedecken, bald sie in ihre Gränzen zurücksinken lassen; ausgebrannte Felsen, die aus den flammenden Gründen ihre fürchterlichen Spitzen herausstrecken, und deren Ueberschwemmung oder Entblößung von dem wallenden Feuerelemente das abwechselnde Erscheinen und Verschwinden der Sonnenflecken verursacht; dicke Dämpfe, die das Feuer ersticken, und die, durch die Gewalt der Winde erhoben, finstere Wolken ausmachen, welche in feurigen Regengüssen wieder herabstürzen, und als brennende Ströme von den Höhen des festen Sonnenlandes sich in die flammenden Thäler ergießen; das Krachen der Elemente, der Schutt ausgebrannter Materien, und die mit der Zerstörung ringende Natur, welche selbst mit dem abscheulichsten Zustand ihrer Zerrüttungen die Schönheit der Welt und den Nutzen der Kreaturen bewirkt.“

2) Es wird sich aus den Beobachtungen ergeben, ob solche ungeheure, regelloseste Erscheinungen dem Centralkörper unseres Systems zukommen. Von der Eigenthümlichkeit dieser Sonnen-Beobachtungen ist vorher Einiges, was aus der Art derselben sich ergibt, zu bemerken. Die Dämpfung und Schwächung des blendenden Sonnenbildes, das, wie eines Brennspiegels Bild, erhitzend das Auge trifft, ist zuerst zu bewirken; dieß gibt nothwendig eine Beschränkung in die Genauigkeit der Beobach-

*) Kant Naturgeschichte des Himmels S. 100.

tungen; indem die gefärbten Gläser, oder die mit dunkelnden Flüssigkeiten gefüllten Ocularvorsätze, aus neuen Combinationen von Gläsern bestehen, welches auf die Deutlichkeit Einfluß hat: und daher aller starken Vergrößerung entgegen ist. Der Beobachter sieht oder sucht dunkle Gestalten auf sehr hellem Grunde, sie sind veränderlich, ihre Umrisse also schwankend; oder viel hellere auf minder hellerem Grunde, welches also gleichfalls auf die Macht des Instruments Einfluß hat. Herschel hat diese Schwierigkeiten in ihrem ganzen Umfange eingesehen, sie durch Versuche — welche die Optik (wie das 4te Buch zeigen wird) so schön bereichert haben — entwickelt, und mit fortgesetzter Umsicht seinen Sonnenapparat verbessert. Zu dieser gehört auch die Entscheidung, ob große Spiegel mit starker Blendung, oder kleinere mit schwächerer Blendung passend sind für die verschiedenen Erscheinungen auf der Sonne, oder schwach polirte oder unpolirtes mattes Glas. Bey Allem ist der Beobachter noch optischen Täuschungen unterworfen, da ihm, um sein Urtheil über relative Lage und Höhe und Tiefe zu sichern, der Vortheil von Schatten und Licht mangelt.

3) Nach diesen Vorbemerkungen haben wir die allgemeine Darstellung der Sonnenbeobachtungen und dann der Theorie von der Sonnenatmosphäre selbst zu geben.

Herschel hatte sich nach den Beobachtungen, die er in der ersten Abhandlung v. J. 1795 bekannt gemacht hat, überzeugt, daß die Erscheinungen der dunkeln Flecken im Allgemeinen sich dahin deuten: die hellen oder leuchtenden Wolken der obern Sonnenatmosphäre werden hinweggezogen, und wir blicken in die Tiefe; das, was die Alten Fackeln nannten, sind erhöhtere Stellen der leuchtenden Wolken. Er änderte dem gemäß die ganze Sprache und Benennung für die gesammten Erscheinungen auf der Sonnen-Oberfläche, und führt sie auf folgende Gestalten zurück.

Oeffnungen in der Sonnen-Atmosphäre sind die dunkeln Flecken.

Die Untiefen, die Abhänge, hinabwärts an diesen Oeffnungen, erschienen uns als mehr oder minder lichtschwächere (aschfarbige von den Alten genannt) äußere und innere Ränder.

Die fortgehenden Rücken erhöhter Wolken oder Raine erscheinen uns wie Lichtadern; die helleren, verdichteten Punkte nennt er Nieren. (Es sind die Fackeln der alten Sprache.)

Dann führt er an die Runzeln, die Furchen (sind die tieferen Stellen der Runzeln) und die Löcher oder Poren, die sich in der Mitte der Furchen (oder Einzackungen, Einzähnungen, indentations genannt) befinden.

Er beschreibt hierauf die Gestalten, die Entstehung und Ent-

wickelungen dieser Wesen, und bestimmt dann ihre Verhältnisse zu einander, wovon Folgendes der wesentliche Inhalt ist.

a) Die allgemeine Rauheit, oder Unebenheit über die ganze Oberfläche der Sonne *), gefleckten Lichts von Wellenlinien und Zickzack und höckerigem Wesen, ist durch mehrere Beobachtungen erwiesen, und durch Bilder aus anderen Kreisen als die ebenangeführten erläutert. Einige Beobachtungen sind schon von früherer Zeit: 1792 Sept. 9. „Ein dunkler Fleck ist sehr nahe am westlichen Sonnenrand. In seiner Nähe gewahrt man eine große Menge erhöhter heller Stellen, die allerhand Figuren bilden (mit Hevel könnte man sie Fackeln nennen), sie dehnen sich auf der Westseite über den sechsten Theil der Sonne aus; sie gleichen aber keineswegs Fackeln, sondern sehen aus wie die zusammengeschrumpften Erhöhungen eines gedörrten Apfels, nach der Länge gedehnt; die meisten derselben sind verbunden, und bilden Wellen oder Wellenlinien — des Nachmittags (sehr gute Beobachtung) waren nirgends Fackeln als einige wenige auf der west- lichen- und Aequatorialgegend; gegen Norden und Süd keine Fackeln; über die ganze Sonnenoberfläche ist eine große Unebenheit, sie sieht aus, wie eine Mischung von kleinen Punkten verschiedener Lichtstärke; aber es ist augenscheinlich eine Unebenheit oder Rauheit von hohen und niedern Gegenden. Den 13ten September." In der Aequatorialgegend der Sonne sind gegen Westen und Osten eine große Menge Fackeln. An den Polen kann man keine sehen; aber eine Rauhigkeit ist überall. — Den 22sten September. „Es sind nicht viel Fackeln in der Sonne, und nur wenige Flecken; die ganze Scheibe aber ist sehr stark mit Rauhigkeit gezeichnet, wie eine Orange. Einige der tiefsten Stellen dieser Ungleichheiten sind schwärzlich. Den 12ten October 1794 findet sich eine ähnliche Beobachtung; spätere bestätigen es. 1799 den 25sten December. Die Runzeln erstrecken sich über die ganze Sonne, sind aber weniger deutlich rings um den Sonnenrand her als im Centrum. — 1800 den 22sten Januar. Man kann sie verfolgen vom Centrum aus überall hin, bis etwa 2 Minuten vom Rand; den 24sten Januar bis wohl ½ Minute." Eben diese Ausbreitung über die ganze Oberfläche bestätigt auch eine Beobachtung vom 4ten Jan. 1801; so wie die Beobachtungen über die Einzähnungen oder Furchen, welche diese Runzeln begleiten, dieß auch beweisen **).

---

*) An einer Stelle (1801 Zusätze) sagt Herschel. Ich habe eine starke Vermuthung, daß eine Hälfte weniger günstig ist einer reichlichen Licht-Ausgießung als die andere; vielleicht erscheint sie in andern Sonnensystemen wie ein veränderlicher Stern. Ob dieß wesentlich oder zufällig, müssen künftige Beobachtungen entscheiden.

**) S. die Anmerkung 14.

b) Die dunkeln Flecken, oder nach Herschel die Oeffnungen in der Sonnenatmosphäre (Scheibe), sind allerdings, in vielseitiger Hinsicht, die merkwürdigsten Erscheinungen. Schon die ungeheure Größe derselben spricht unsere Aufmerksamkeit an. „Im Jahr 1779 war ein Flecken in der Sonne, so groß, daß man ihn mit bloßem Auge sehen konnte. Im 7füßigen bey sehr starker Vergrößerung sah man ihn in 2 Theile getheilt. Der größte maß den 19ten April 1′ 8″,06 im Durchmesser, welches mehr als 31000 Meilen beträgt. Beyde zusammen dehnten sich gewiß über einen Raum von mehr als 50000 Meilen aus.“ Sie finden sich aber von jeglicher Größe, so daß Herschel die dunkeln Tupfen oder Löcher als ihr Kleinstes ansieht. Die Dunkelheit dieser Oeffnungen ist nicht gleich, und ist selbst während ihrer Dauer verschieden. Im Allgemeinen ist bey den größern Flecken, und denen von längerer Dauer, die runde Gestalt die vorherrschende; die größte Abwechslung aber findet sich in der Entstehung, dem Verlauf und dem Verschwinden dieser Gestalten, welche schwer unter allgemeine Gesetze zu bringen sind. Die Veränderungen sind bald plötzlich; nach wenigen Tagen verschwindet die Erscheinung, oder sie dauert selbst mehrere Umläufe der Sonne hindurch; mit mehr oder weniger Entwickelung oder ruhigem Bestand. Der gewöhnliche Verlauf ihres Verschwindens ist der, daß sie sich in mehrere kleine trennen und so unsichtbar werden; sie werden immer kleiner, verlieren sich in dunkle Tupfen; bisweilen sammeln sie sich wieder nach ihrer Trennung; oder es zieht und legt sich ein heller Streif herüber, der sich dann in verschiedenen Formen erweitert; oder einzelne graue oder weißliche Flecken treten in der Mitte oder an der Seite der Dunkelheit hervor. Man sieht eine bestimmte Richtung zuweilen in der zerstörenden — oder auch der bildenden Kraft. — Die Entstehung dieser dunkeln Flecken deutet eben sowohl auf die Freyheit oder unbestimmte Natur der bildenden Kraft. Sie treten in der hellen Sonnenscheibe hervor, einzeln groß; allmälig erscheinen umher oder nach bestimmter Richtung wieder dunkle Tupfen oder Flecken, sie sammeln sich in größere, fließen gleichsam zusammen; oder die kleineren verschwinden, während die umgebende größer werden. Oder sie entstehen aus einem schon aschgrauen mehr oder weniger gestaltetem Grunde; oder aus den Runzeln, oder den tiefen dunkeln Punkten hervor. Nach ihrem Verschwinden tritt entweder sogleich die reine Sonnenscheibe hervor (mit ihren allgemeinen Unebenheiten, Wellenlinien, oder Lichtadern), oder es bleibt ein matteres Licht eine Zeitlang zurück.

c) Den Schlüssel zu den wirksamen Kräften bey diesen Erscheinungen findet Herschel in dem Verhältniß, das zwischen den dunkeln Flecken (oder Oeffnungen) und den sie umgebenden mattern, grauen Rändern (Abhängen, Untiefen) statt findet.

Die grösseren dunkeln Flecken sind meist damit umgeben, und eine auffallende Beziehung zwischen der Gestalt des mattern Randes und des dunkeln Fleckens. Diese findet, wie die große Masse aller Beobachtungen zeigt, im Allgemeinen statt, es finden sich aber auch bei Herschel einige höchst auffallende Beyspiele, dieses Parallelismus in den Gestalten *) 1801 Febr. 18. 7 Uhr 44 Min. die südwestliche von drey großen Oeffnungen, die mit einander in Verbindung stehen, hat einen schmalen Zweig, der von seiner Umgebung ausgeht. — 9 Uhr 55 Min, die Oeffnung ist an drey Stellen ausgebrochen, und der umgebende Rand (Abhang in der Tiefe) hat 3 Projectionen gerade in derselben Richtung. Es ist klar, daß die Ausbrüche und ihre Projectionen im Rande durch dieselbe Ursache entstanden sind; zuerst wirkt sie wahrscheinlich auf die Oeffnung, erweitert sie, geht vorwärts und bewirkt die entsprechenden Projectionen in den Rändern oder Abhängen. — An der Seite, wo die Ausbrüche sich finden, ist der Rand sehr breit, auf der andern Seite ist er sehr schmal, man könnte diese die ruhende Seite nennen. — 10 Uhr 12 Minuten. Die breiteste Ausbiegung des Randes entspricht der breitesten Auszackung der dunkelen Oeffnung. Eine ähnliche Erscheinung sieht man in der 8ten Figur. — Die Beobachtungen, welche Veränderungen in diesen umgebenden Rändern zeigen bey unveränderter Gestalt, ja das unabhängige Vorhandenseyn von solchen matten schattigen Gestalten auf der Sonnenoberfläche müssen eine besondere Aufmerksamkeit auf sich ziehen: um so mehr, da der umgekehrte Fall, wo sie erst nach der Bildung der Flecken, gleichsam aus ihnen entstehen, statt findet: und diese Ränder nie Fackeln zeigen.

Das Wichtigste bleibt offenbar, daß der Zwiespalt der Meynungen über diese Sonnenflecken und ihre Ränder — nach der einen sind es hervorragende Berge, nach der andern sind es bloße Erscheinungen in der Sonnenatmosphäre und Tiefen, nach andern sind es Sonnenlandschaften, welche vom Sonnenkörper selbst gebildet werden — durch Anschauungen sich entscheide. Herschel führt für seine Ansicht von Höhen und Tiefen in der Sonnenatmosphäre, Erscheinungen verschiedenartiger Bedeutungen. Zuerst beruft er sich auf den unmittelbaren Augenschein, der ihm deutlich, klar und vollkommen in vielen Beobachtung an die Tiefen und hinabhängende Seiten zeigte. Eine Hauptstelle findet sich in der ersten Abhandlung. „Im Jahr 1791 sah er einen großen Fleck in der Sonne, er fand augenscheinlich (evidently), daß er unter der Oberfläche und ihrem Niveau lag; ein breiter Rand oder Fläche von beträchtlicher Ausdehnung, weniger hell als die Sonne, und gleichfalls tiefer, umgab den schwarzen Fleck.

*) S. Beschreibung der Kupfer.

Dieser Rand schien sich zu erheben mit abschüssigen Seitenwänden herauf, bis wo er sich mit der Oberfläche vereinigte. Zur Bestätigung dieser Erscheinung ward sorgfältig bemerkt, daß die Sonnenscheibe deutlich (plainly) convex war. Der Grund, daß Herschel auf diesen besondern Umstand aufmerksam war, lag darin, daß er schon länger mit einer gewissen optischen Täuschung bekannt war, die hin und wieder eintritt, wenn man den Mond betrachtet. Sie besteht darin, daß alle erhabenen Flecken auf seiner Oberfläche wie Höhlungen erscheinen, und alle Höhlungen die Gestalt von Bergen annehmen. Dann wird aber zugleich der Mond, anstatt wie eine erhabene Kugel, vielmehr wie ein großes Stück einer hohlen Kugel erscheinen. Sobald man, durch die Macht der Einbildungskraft den täuschenden Schein zernichtet hat, erhalten die Berge ihre Hervorragung wieder, und die Höhlungen sinken unter das Niveau herab. Auf gleiche Weise als Herschel den dunkeln Flecken niederer als die leuchtende Sonnenmaterie, und eine ausgedehnte ihn umgebende Fläche mit abhängigen Seitenwänden sich emporheben sah, gewahrte er zu gleicher Zeit, daß die Sonne convex war, und in ihrer natürlichen sphärischen Gestalt. Daraus schloß er, daß keine optische Täuschung hier statt fand.“ — Ueber die unwiderstehliche Macht dieses Augenscheines erklärt Herschel sich auch in dem Vorwort zu seiner Abhandlung v. J. 1801. „Man wird an manchen der Beobachtungen tadeln, daß sie mit Voraussetzungen, Annahmen oder Hypothesen vermischt sind. Ich sage, daß die Beobachtungen von der Art sind, daß es mir unmöglich war, gerade zur Zeit, als ich die neuen Gegenstände sah, mich der Gedanken, die sich mir aufdrängten, zu enthalten. Ich gab sie daher unmittelbar wie sie sich anboten mit den Beobachtungen, vereinzelt und abgesondert würden sie von ihrem Werth verlieren.“ Der zweyte Grund sind die mathematischen Erscheinungen dieser Oeffnungen und ihrer Ränder. Auf der westlichen Seite sieht man den westlichen Rand breiter und auf der östlichen Seite der Sonne den östlichen *). Dieß ist den Gesetzen der Perspective ebenso angemessen als die elliptische Gestalt, wenn der Flecken jenseits des Centrums sich bewegt, wie bey den Mondgebirgen. Eine Beobachtung führt jedoch Herschel auf, welche diesem allgemeinen Gesetz widerspricht. Im Jahr 1783 ward ein schöner großer Flecken beobachtet, und bis an die Gränze des Sonnenrands verfolgt. Er war offenbar (plainly) unter die Oberfläche der Sonne niedergedrückt, und hatte sehr breite abschüssige Seitenwände. Man konnte auch vermuthen, als wäre wenigstens ein Theil der abschlüssigen Seitenwand über die Sonnenfläche erha-

---

*) S. Anmerkung 15.

ben, und beobachten, daß im Gegensatz gegen die gewöhnliche Erscheinung, der Theil des Rands, welcher weiter vom Rand der Sonne entfernt lag, der breitere war. — Dieß Phänomen ließe sich, wie Herschel bemerkt, auf zweyerley Art oder nach den beyden Hypothesen deuten. Ein hoher Berg, der über die Sonnenfläche hervorragt, und nahe dem Rand ist, kann ihn uns, besonders bey schiefer Stellung desselben gegen unsere Gesichtslinie, bedecken. Hohe Berge — z. B. wie hier erforderlich wäre von 5 oder 6hundert Meilen — seyen wohl denkbar auf der Sonne, wenn man die mächtige Attractionskraft, die langsame Umdrehung (also geringere Centrifugalkraft), dabey auch die geringere Dichtigkeit der Sonne in Betracht ziehe. Die Unveränderlichkeit und lange Dauer mancher Sonnenflecken — dergleichen z. B. dem Cassini zur Bestimmung der Umdrehungs-Periode der Sonne dienten — stimmen wohl auch mit der Annahme von Sonnenbergen. — Oder und „vielleicht genügender" ließe sich die Erscheinung erklären, aus einem wirklichen Unterschied in der Ausdehnung, Anordnung, Höhe und Innigkeit der leuchtenden Flüssigkeit, verbunden mit gelegenheitlichen Aenderungen, die sich in Besonderheiten zutragen mögen, während der Fleck gegen den Rand der Scheibe kömmt. — Ein dritter Grund liegt in der verschiedenen Farbe und Mattigkeit dieser Ränder; noch mehr aber bestätigten das Lostrennen derselben und Hereingreifen in die dunkeln Flecken (wovon die 10te 11te und 12te Figur*) eine Erscheinung sammt ihrer Deutung geben) diese Ansicht; die Beschreibung gibt Herschel also. „1801 den 25sten Jan. 9 U. 22 Min. Eine große Oeffnung, die seit dem 19ten beobachtet worden, ist jetzt sehr weit gegen den Rand vorgerückt. Man kann in sie hineinsehen, und gen Westen, wie es scheint, noch ein gut Theil unter die tiefsten Regionen der Wolken, aus welchen der abschüssige Rand besteht. Der obere Rand dieser Abhänge ist sehr scharf begränzt; aber die Wolken des untern Theils sind im Gegensatz mehr zerstreut, indem einige derselben ein gutes Stück herab hangen gegen die Oberfläche der Sonne — 10 Uhr 20 Min. Die westliche Seite des Abhangs ist nun schärfer begränzt an dem Grunde ihrer Dicke; die hängenden oder sich projicirenden Wolken haben sich gegen die östliche Seite gezogen." Die verschiedene Dunkelheit oder Schwärze der Flecken, je nachdem sie in die Mitte der Sonne oder näher an dem Rande sich hingezogen, ist Herschel auch geneigt als einen Beweis der Tiefe, in die man hinunter sieht, zu betrachten; es ist aber hierin das Verhältniß der Größe und Dunkelheit nach seiner Meynung etwas Zweydeutiges. — Endlich führt Herschel einen wiewohl nur einzigen Fall

*) S. Beschreibung der Kupfer.

auf, aus welchem sich in der That die Frage wegen der Untiefen und Höhen unmittelbar entscheiden ließe; er ist mit seinen Worten folgender. „1800 den 3ten December. Ein beträchtlicher Fleck (Oeffnung) tritt gerade in die Sonnenscheibe herein, ihm folgt ein anderer, der gerade (actually) wirklich in dem Sonnen-Rand ist. Die Gleichförmigkeit des Kreisumrisses in der Scheibe leidet eine kleine Abweichung; sie ist etwas eingedrückt; eine Folge des Abhangs bey der Oeffnung. Die Oeffnung selbst ist noch nicht mit Sicherheit zu erkennen, doch ist zu vermuthen, daß sie sich also bey weiterem Eintritt in die Scheibe ausweisen werde.“ Herschel beruft sich auf diese Erscheinung noch einmal, wo er von der Durchsichtigkeit der planetarischen Atmosphäre redet. „Wir sahen ein Beyspiel, wie die Sonnenscheibe gebrochen war durch eine Leere, die von einem großen Abhang ausging; obgleich diese Untiefe mit atmosphärischen Sonnengasen bedeckt seyn mußte.“ Da diese einzige, und gewiß auch durch ihre Merkwürdigkeit einzige Beobachtung, durch die vorhergehenden Betrachtungen unterstützt wird, so ist sie wohl als entscheidend zu betrachten.

d) Die Erscheinungen der Lichtadern, Streifen, Furchen, der hellen Nieren, der kleinen Poren sind theils oben bey der Beschreibung der allgemeinen Oberfläche der Sonne aufgeführt worden; theils ergeben sie sich aus den mannichfachen Abwechselungen, welche die Flecken und ihre Untiefen begleiten. Es sind im Kleinen die Poren zum Beyspiel ganz ähnlich den Oeffnungen; die Dauer derselben ist aber gleichsam ihrer Kleinheit angemessen. Die Furchen erweitern sich bisweilen zu Oeffnungen (oder Flecken).

4) Aus diesen Beobachtungen ergibt sich die Theorie der Sonne.

Alle Phänomene, die wir auf der Sonnenscheibe gewahr werden, sind Phänomene ihrer atmosphärischen Umhüllungen. Der dunkle Sonnenkörper *) ist mit einer dreifachen Schichte, welche in seiner allgemeinen Atmosphäre sich bildet, umgeben. Die allgemeine Atmosphäre ist durchsichtig, elastisch, wie unsere planetarische, von großer Ausdehnung, im Verhältniß der Anziehungskraft der Sonne und ihrem eigenen Wesen. Sie führt oder hält in sich keine Wolken bis auf eine bedeutende Höhe, und ein klar durchsichtiger (rein dunkler farbloser) Raum (vielleicht 100 Meilen hoch) befindet sich zwischen dem Körper der Sonne und der Region der untersten Wolken; die selbst die erste Schichte — die andere Schichte wird gebildet durch eine Wolkendecke. Diese, planetarischen ähnliche, Wolken legen sich ge-

*) 1795 glaubte er noch durch das Licht auf den Sonnenkörper hinab zu sehen.

drängt an einander, sind wahrscheinlich bloß durch Reflex sichtbar. Die Menge des von ihnen reflectirten Lichts (das sie von den obern Licht-Wolken erhalten) suchte Herschel durch einen photometrischen Apparat zu bestimmen, in welchem er durch schwarzen Sammet und Papier in verschiedener Beleuchtung das Ansehn eines schwarzen Sonnenfleckens mit dem umgebenden Rand auf der hellen Sonnenscheibe nachzuahmen suchte. Das Licht ist 0,469 reflectirt; das der Scheibe ist 1,000, das des dunkeln schwarzen Fleckens, oder des Sonnenkörpers selbst, gesehen durch seine Atmosphäre hindurch 0,007. Die Farbe oder das graue dieser Wolken, die eben die Abhänge in die Oeffnungen hinab bilden, ist fast immer dieselbe, die Oeffnung mag groß oder klein seyn. „So weit ich mich erinnern kann, sagt Herschel, hatten alle Abhänge immer dieselbe Farbe.“ Das äußere gedrängte Ansehen dieser Wolken — welche nichts Adriges, Wellenförmiges, Eingezacktes haben — ist buschig. Diese Wolken haben eine freye Bewegung; wenn ihre Continuität zerrissen ist durch die Kraft, welche die Oeffnungen gebildet hat, so ziehen sie sich über diese Oeffnung mit mehr oder minderer Gewalt. Auch daraus, daß die meisten der Ränder oder Untiefen — zwar im Allgemeinen Parallelismus in der Gestalt zeigen — aber doch meist excentrisch liegen gegen die Oeffnungen, scheint sich eine allgemeine Bewegung oder Strömung *) in der Atmosphäre, die diese Wolken trägt, zu ergeben.

Die dritte höchste Schichte bilden die leuchtenden Wolken selbst auf der Oberfläche der Sonne. Ihre Verfassung ist eine ganz andere als der niederen; sie bilden die Wellen, Adern, die Nieren, sie sind locker, trennen sich in meist kleinere, höhere und tiefere Massen, welche erstere dann heller glänzen. Man sieht durch diese Trennungen und wellenartigen Risse bis in die Tiefe der untern Wolken-Schichte hinab; das sind eben die Einzähnungen (indentations) der obern Wolken. Sie zertheilen sich aber auch in größere Massen, und die untere grauere Wolkenschichte wird dann sichtbar, die sich selbst zuweilen wieder trennt und eine Oeffnung dadurch entsteht.

Herschel gedenkt noch eines andern atmosphärischen Gases, das er elastisch und empyreisch nennt; es erzeugt sich beständig, ist spezifisch leichter, dringt in größere oder kleinere Massen mit geringerer oder stärkerer Macht herauf, theilt die untere Wolkenschichte, steigt immer höher und drängt die oberen selbst leuchtenden Wolken hinweg, wodurch die großen Untiefen und Abhänge entstehen. Es mischt sich mit denselben oder andern Gasen, und bringt Niederschläge und Zersetzungen hervor; das Runz-

*) S. Anmerkung 16.

liche, Gefleckte in der Oberfläche der Sonne mag daher entstehen, auch wird dieß Gas Theilnehmer an der Erhaltung der allgemeinen Lichtoberfläche. Es war darum nothwendig eine von Oben nach Unten, oder eine von Unten nach Oben wirkende Kraft anzunehmen, um die Entstehung der Oeffnungen in ihrer Beziehung zu den Abhängen und Seitenwänden oder Rändern zu deuten; denn bald entstehen die schwarzen Oeffnungen, und nach ihnen die matteren Rändern, oder es entsteht zuerst das Mattere, und aus ihm die dunkle sich erweiternde Oeffnung.

5) Sodann gibt Herschel noch einige allgemeine Bemerkungen. Die erste betrifft die innere überwiegende Dunkelheit des festen Sonnenkörpers. Die dunkeln Flecken, welche wir auf der Sonne erblicken, sind eben der Boden und Grund dieses ungeheuren Körpers. Alles, was leuchtet, was reflectirt, hat sich gleichsam in die Atmosphäre der Sonne gezogen. Der Stoff der den Sonnenkörper ausmacht, ist dadurch dieser Ansicht gemäß, gänzlich verschieden von dem planetarischen, dem nicht bloß Lichtreflex, der allein sie uns sichtbar macht, sondern in gewissem Maße auch eine Art fortgesetzten Leuchtens oder Phosphorescenz zukömmt. Herschel bringt diese große Dunkelheit mit der Bewohnbarkeit der Sonne, und mit der Ersparung und Erhaltung des für die Planeten nöthigen Lichts in Zusammenhang. Würden die Sonnenbewohner nicht geschützt seyn durch die untere Wolkenschichte und den Mangel an Reflex so würde der Lichtreiz für sie zu groß werden. — Die andere betrifft die Restauration des Sonnenlichts. Wenn die Sonne nicht vom Weltdunst sich nährt unmittelbar (wie ein sich in unserer Atmosphäre erhaltendes brennendes Licht, oder aus dem Wasser sich saugendes galvanisch glühendes Metall), so muß der Verlust an Lichtstoff nach Herschels Ansicht, durch einen andern Proceß ersetzt werden; dieser wird eingeleitet durch die Kometen, welche ihre Lichthülle in die Sonne entladen; und aufgeregt durch die Sonne selbst, den im Weltraum zerstreuten Urstoff des Lichts um sich sammeln, um ihn in die Nähe der Centralkörper zu führen, so gleichsam die ewige Wechselwirkung von Einsaugen und Ausströmen einleiten. Herschel hat überdieß eine Ansicht über die Sonnenflecken, die man astrologisch nennen könnte, indem er ihr Daseyn mit der größern oder geringern Fruchtbarkeit der Erde in Verbindung bringt; er sucht dieß auch aus der Erfahrung mehrer Jahrsläufe darzuthun. Es ist aber möglich, kann man bemerken, daß die productive Kraft der Erde oder überhaupt der Planeten wechselseitig, und noch durch andere Wirkungen bedingt sey, demnach die Heraushebung eines Moments, nämlich der Einwirkung des Sonnenlichts, einiges Unentschiedene bey sich führen kann.

Anmerkungen.

Anmerkung A. Seite 114.

Diesem III. Buch liegen folgende Abhandlungen **Herschels** zu Grunde.

1) **Ueber den Georgsstern, Uranus.**

Account of a Comet, by Mr. Herschel, communicoted by Dr. Watson Jun at Bath. (Read April 1781.) (Nachricht über einen Kometen, von Herschel, mitgetheilt von Dr. Watson dem Jüngern zu Bath.)

A Letter from William Herschel to Sir Jos. Banks. 1782. (Ein Brief von Herschel an H. Jos. Banks.)

On the Diameter and Magnitude of the Georgium Sidus; with a description of the dark and lucid Disk and Perifery Micrometers by W. Herschel. (November 7. 1782.) (Ueber den Durchmesser und die Größe des Georgssterns; sammt Beschreibung eines Micrometers mit hellen und dunkeln Scheiben und Ringen.)

An account of the discovery of two Satellites revolving round the Georgian Planet, by W. Herschel. (Febr. 15. 1787.) Nachricht von der Entdeckung zweier Trabanten, die um den Georgsstern kreisen.)

On the Georgian Planet and its Satellites; by W. Herschel. (May 12. 1788.) (Ueber den Georgsplaneten und seine Satelliten.)

On the discovery of four additional Satellites of the Georgium Sidus, the retrograde motion of its old ones announced, and the cause of their disappearance at certain distances from the Planet explained. (14. Decbr. 1796.) Ueber die Entdeckung von vier weitern Satelliten des Georgssterns; Ankündigung der rücklaufenden Bewegung der ältern; und Ursache ihres Verschwindens in gewissen Entfernungen vom Planeten entwickelt. —

A series of observations of the Satellites of the Georgian Planet including a passage through the Node of their Orbits; with an introductory account of a telescopic Apparatus, that has been used on this occasion; and a final Exposition of some calculated particulars deduced from the observations, by W. Herschel. (Jun. 8. 1815.) Eine Reihe von Beobachtungen über die Trabanten des Georgssterns; mit Einschluß eines Durchgangs des Planeten durch den Knoten der Trabantenbahnen; sammt einer Einleitung über den bei dieser Veranlassung gebrauchten teleskopischen Apparat; dabey Schlußbericht über einige berechnete Umstände, die sich aus den Beobachtungen ergeben.

2) **Ueber den Saturn.**

Account of the Discovery of a Sixth and Seventh Satellite of the planet Saturn; with Remarks on the Construction of its Ring, its Atmosfere, its Rotation on an Axis, and its sferoidical figure; by

by W. Herschel (Novbr. 12. 1789.) Nachricht von der Entdeckung eines sechsten und siebenten Saturns-Trabanten; sammt Bemerkungen über den Bau seines Rings, seine Atmosphäre, Umdrehung, sphärische Gestalt.

On the Satellites of the planet Saturn, and the Rotation of its Ring on its Axis, by W. Herschel. (Jun. 17. 1790.) Ueber die Trabanten des Saturns, und die Umdrehung seines Rings.

On the Ring of Saturn and the Rotation of the fith Satellite upon its axis, by W. Herschel. (Decbr. 13. 1791.) Ueber den Ring des Saturns und die Achsendrehung des fünften Trabanten.

Observations of a quintuple belt on the Planet Saturn: also an account of Some particulars observed during the late eclipse of the Sun: and also on the Rotation of the Planet Saturn on its Axis, by W. Herschel. (Decbr. 19. 1793.) — Beobachtungen eines fünffachen Streifens auf Saturn; nebst Bericht über einige Umstände bei der letzten Sonnenfinsterniß; auch über die Achsendrehung des Saturns.

Observations on the singular figure of the planet Saturn; by W. Herschel. (Jun. 20. 1805.) Beobachtungen über die sonderbare Gestalt Saturns.

Observations and Remarks on the figure, the Climate, and the Atmosfere of Saturn and its Ring, by W. Herschel. (Jun. 26. 1806.) Beobachtungen und Bemerkungen über die Figur, das Klima, und die Atmosphäre des Saturns und seines Rings.

Observations of a Comet . . . to which is added, an account of a new irregularity lalety perciewed in the apparent figure of the Planet Saturn, by W. Herschel. (April 7. 1808.) Beobachtungen eines Kometen —— sammt Bericht über eine neue Unregelmäßigkeit, welche kürzlich in der scheinbaren Gestalt des Saturns beobachtet worden.

3) Ueber den Jupiter.

Astronomical observations on the rotation of the planets round their axis; made with a view to determine, wether the Earths diurnal motion is perfectly equal, in a letter from W. Herschel of Bath to W. Watson. (Jan. 11. 1721.) Astronomische Beobachtungen über die Achsendrehung der Planeten; um zu bestimmen, ob die tägliche Bewegung der Erde vollkommen gleich bleibend ist.

Observations of the changeable brightness of the Satellits of Jupiter, and of the variation in their apparent magnitudes; with a determination of the time of their rotatory motion on their axis; to which is added a measure of the diameter of the second Satellite, and an estimate of the comparative Size of all the four. (Jun. 1. 1797.) Beobachtungen über die veränderliche Helligkeit der Jupiters-Trabanten, den Wechsel ihrer scheinbaren Größe; sammt einer Bestimmung ihrer Rotationsperiode: nebst einer Messung des zweyten Trabanten Durchmessers, und eine vergleichende Schätzung ihrer Größe.

4) Ueber die Asteroiden.

Observations on the two lately discovered celestial bodies by W. Herschel. (May 6. 1807.) Beobachtungen der zwey jüngst entdeckten neuen Himmelskörper.

Experiments . . . with an application of the result of these Experiments to a Series of observations on the Nature and Magnitude of Mr. Harding's lately discovered star, by W. Herschel. (Dec. 6. 1804.) Versuche — (Siehe das 4te Buch) sammt Anwendung ihres

Ergebnisses auf eine Reihe von Beobachtung des von Harding entdeckten Sterns Juno.

Observations on the Nature of the new celestial body discovered by Dr. Olbers — by W. Herschel. (Jun. 4. 1807.) Beobachtungen über die Natur des neuen von Dr. Olbers entdeckten Himmelskörpers Vesta.

5) Ueber den Mars.

Astronomical observations on the rotation of the planets etc. ist die bey Jupiter vom Jahr 1781 aufgeführte Abhandlung.

On the remarkable Appearances at the Polar Regions of the planet Mars, the inclination of its axis, the position of its Poles, and its sferoidical figure; with a few hints, relating to its real Diameter and Atmosfere. March. 11. 1784, by W. Herschel. — Die merkwürdigen Erscheinungen an den Polargegenden des Mars, die Neigung seiner Achse, die Stellung seiner Pole, und seine sphäroidische Gestalt, sammt einigen Winken über seinen wahren Durchmesser und Atmosphäre.

6) Ueber die Venus.

Observations on the Planet Venus, by W. Herschel. (Jun. 13. 1793.) Beobachtungen des Planeten Venus.

7) Ueber den Mercurius.

Observations of the transit of Mercury over the disk of the Sun — to which . . action of Mirrors, by W. Herschel. (Febr. 10. 1803.) Beobachtung des Merkursdurchgangs durch die Sonnenscheibe.

8) Ueber die Kometen.

An account of a New Comet, by Miss Caroline Herschel; in a letter to Ch. Blagden. (Nov. 9. 1786.) Remarks on the New Comet by W. Herschel. (Nov. 16. 1786.) Nachricht über einen neuen Kometen v. Wilh. Herschel; Bemerkungen über den neuen Kometen von W. Herschel.

Miscellaneons observations by W. Herschel. (Dec. 22. 1791.) — Account of a Comet. — Vermischte Bemerkungen; Nachricht von einem Kometen.

Account of the discovery of a new Comet by Miss Carol. Herschel, in a letter to S. Jos. Banks. (Nov. 12. 1795.) Nachricht von der Entdeckung eines neuen Kometen durch Miß Carol. Herschel, in einem Brief an Sir J. Banks.

Observations . . . of the Comet, who was expected to appear last Jannary in its return from the Sun, by W. Herschel. (Jun. 4. 1807.) Beobachtungen des Kometen, den man nach seiner Rückkehr von der Sonne im Januar erwartete.

Observations of a Comet, made with a View to investigate its magnitude, and the Nature of its Illumination; to which is added, — by W. Herschel. (April 7. 1808.) Beobachtungen eines Kometen, in der Absicht seine Größe und Beschaffenheit seiner Beleuchtung zu erforschen.

Observations of a Comet, with remarks on the Construction of its different parts, by W. Herschel. (Dec. 19. 1811.) Beobachtungen eines Kometen, sammt Bemerkungen über den Bau seiner verschiedenen Theile.

Observations of a second Comet, with Remarks on its Construction, by W. Herschel. (März 12. 1812.) Beobachtungen eines zweyten Kometen.

9) Ueber den Mond.

Astronomical observations relating to the Monntains of the Moon. By M. Herschel of Bath, communicated, by Dr. Watson of Bath. (May 11. 1780.) Astronomische Beobachtungen über die Berge im Mond; mitgetheilt von Dr. Watson aus Bath.

An account of three Volcanos in the Moon, by W. Herschel communicated by Sir Jos. Banks. (April 26. 1787.) Nachricht über drey Vulkane im Monde; mitgetheilt von H. J. Banks.

Miscellaneons observations by W. Herschel. (Decbr. 22. 1791.) — Remarkable Phaenomen in an Eclipse of the Moon. Vermischte Bemerkungen. — Merkwürdige Erscheinungen bey einer Mondsfinsterniß.

Observations on the quintuple Belt — an Account of Some particulars observed during the late Eclipse of the Sun. — (Decbr. 19. 1793.) (S. bey Saturn.)

10) Ueber die Sonne.

On the Nature and Construction of the Sun and fixes stars, by W. Herschel. (Dec. 18. 1794.) Ueber das Wesen und den Bau der Sonne und der Fixsterne.

Observations tending to investigate the Nature of the Sun; in order to find the Causes or Symptoms of its variable emission of light and heat. With remarks on the Use, that may possibly be drawn from Solar observations, by W. Herschel. (April 16. 1801.) Beobachtungen zur Erforschung der Natur der Sonne, um die Ursachen oder Symptome ihrer veränderlichen Licht- und Wärmeausgießung zu finden; sammt Bemerkungen über den Nutzen, den man möglicher Weise aus den Sonnenbeobachtungen ziehen kann.

Additional observations tending to investigate the Symptoms of the variable emission of the light and heat of the Sun — — and a few Remarks, to remove objections, that might be made against Some of the arguments contained in the former Paper; by W. Herschel. (May 14. 1801.) Zusätze von Beobachtungen über die Symptome des Licht- und Wärmewechsels der Sonne; sammt einigen Bemerkungen mögliche Einwürfe gegen einige Gründe der vorhergehenden Abhandlung betreffend.

Anmerkung 1. Seite 126.

Da der Planet im Knoten seiner Trabanten-Bahnen unmittelbar beobachtet wurde in März 1798, so ergab sich daraus die Lage der Bahn nach Neigung und Knoten unmittelbar, wornach dann vermittelst der beobachteten Stellungswinkel die Umlaufszeiten gefunden wurden.

In der ersten Abhandlung von 1788 hatte Herschel die Umlaufszeiten zuerst bestimmt, und die Neigungen aus der Projection der von den Planeten beschriebenen Kreise in eine Ellipse hergeleitet. Man muß bemerken, wie die Resultate genau übereinstimmen. Die Methode, die er in der Abhandlung von 1815 anwendet, ist folgende. Zuerst wird die Veränderung in dem Parallel, auf welchen die Messungen der Stellungswinkel genommen worden, für die verschiedenen Epochen berechnet; dann die Veränderung in der Lage der Trabantenbahnen gegen die Ebene der Projection (ihrer scheinbaren Ellipsen); endlich die Aenderung in der Distanz des aufsteigenden Knotens von dem höchsten Punct der scheinbaren Ellipsen.

Für die oben angeführten Größen wurde für die ganze Zwischenzeit

der Beobachtungsreihe eine Tafel entworfen. Es wurden hierauf zwey Kreise von Pappe gemacht, der eine bewegliche innerhalb des anderen concentrisch, war eingetheilt nach 360 Grad, der andere nach der Methode der Stellungswinkel, von Ost gen Nord und Süd 90 Grad; und ebenso von West; der innere war 6 Zoll Radius, und berührte beinahe den äußeren (zu diesem Behuf war auch in obgemeldeter Tafel der Sinus des Neigungswinkels mit 6 multiplicirt für jeden Zeitpunct aufgenommen). Dieser innere bewegliche Cirkel zeigt mit dem Durchmesser von 180 bis 360 in seinen verschiedenen Stellungen gegen den äußern die Lage der großen Achse der scheinbaren Ellipse der Bahnen; die Linie von 90 nach 270 zeigt die kleine Achse an, und die ihr parallele Chorden des inneren Kreises die Richtungen, nach welchen jene scheinbare Ellipse sich verengt.

Herschel gibt folgendes Beispiel, die Stellung des zweyten Planeten den 15. März 1787. 8 U. 7 M.

Epoche 16. Febr. 9 U. 58′ Stellung des Trabanten 5° 6′ vom Knoten.

Bewegung bis zum 15. März (aus der bekannten Umlaufszeit 0°12′); gibt Trabant vom Knoten 5° 18′; die berechnete Tafel gibt Lage des Nullpuncts 80° 41′ N. O. Man dreht also den inneren Cirkel bis sein Punct Null (oder 360) dem Punct 80° 41′ N. O. gegenübersteht.

Die Tafel gibt ferner 104° 45′ für die Distanz des aufsteigenden Knotens vom Nullpunct des Cirkels; dieß von 360° + 5° 18′ (welches der gefundene Ort des Trabanten war) abgezogen gibt 260° 33′ für den Ort des Trabanten auf dem beweglichen Cirkel. Um den Stellungswinkel zu finden, werden die zwey Schenkel eines doppelten Proportionalcirkels dann so verbunden, daß der eine 6 Zoll faßt und der andere sechsmal den Sinus des Neigungswinkels (welche Größe in der Tafel berechnet sich findet). Man mißt dann mit der größeren Oeffnung von dem Ort des Trabanten auf dem inneren Cirkel — in unserem Beispiel von 260° 33′ — bis zu der Achse die Distanz parallel mit den gezeichneten Chorden, dann trägt man mit dem kleineren entgegengesetzten Ende des Proportionalcirkels seine Distanz rückwärts, bezeichnet diesen Punct, und zieht vom Mittelpunkt aus einen Seidenfaden durch diesen Punct, er wird den äußeren Cirkel schneiden an einer Stelle, welche den Stellungswinkel angibt.

In der Nähe des Knoten gibt man Distanzen an. Man nimmt den Radius der Trabantenbahn 600 Theile (wie der Maaßstab des Kreises angenommen ist), mißt dann vom obigen Punct nach dem Centrum.

Anmerkung 2. Seite 136.

Die Beobachtungen sind folgende.

1780. Junius.

Den 19ten. 10 U. 15′ mittlere Zeit. Mit einem neuen 7füßigen Spiegel, Oeffnung 6,5 Zoll, einen sehr verbesserten kleinen Spiegel, und ungefähr 200facher Vergrößerung, sieht Herschel eine zweyte schwarze Linie (list) auf dem Ring, nahe an der inneren Seite, auf dem westlichen Arme des Rings.

Den 20sten. 10 U. 10′. Dieselbe doppelte Linie.

Den 21sten. 10 U. 1′ mit einem kleinen 20füß. Neutonischen Reflector und 200facher Vergrößerung sieht er die zweite schwarze Linie, sie ist näher am inneren Rande, als die andere am äußeren. Man sieht sie aber bloß auf der westlichen.

Den 26sten. 9 U. 54′. Derselbe Reflector, seine Oeffnung auf 7 Zoll beschränkt, zeigt sie eben falls, und auf der Westseite.

Den 29sten. 10 U. 19′. Die Streifen Saturns sind sehr klar; nur eine schwarze Linie ist sichtbar; der Schatten des Planeten ist sichtbar, sowohl auf der Seite des Rings, als auch auf dem kleinen nördlichen Theil desselben, der sich jenseits des Planeten projicirt.

1791. November.

Den 21sten. 0 U. 28′ Sternzeit, mit der 40füßigen und 370facher Vergrößerung, ist keine andere schwarze Theilung sichtbar, als die einzige nahe am äußeren Rande.

Anmerkung 3. Seite 142.

Die Originalbeobachtungen sind folgende:

1778. Februar.

Den 24sten. (Voreilung der Uhr 1′ 10″.) Um 9 U. 0′ ein heller Fleck auf einer Seite der Jupitersscheibe. Um 10 U. war er bis ins Centrum vorgerückt. Es wurde ein weißer Streif, der 11 U. 25′ immer weiter vorgerückt war, sich dem Rand der Scheibe näherte, und um 12 Uhr ganz die Scheibe erreicht hatte.

Den 25sten. 8 Uhr. Der helle Streifen von gestern dehnt sich über die ganze Scheibe. 8 U. 45′ ist er durch einen dunkeln (darkish) Fleck getheilt, etwas entfernt vom Centrum. — 9 U. 5′ ist diese kleine dunkle Theilung etwas über das Centrum hinaus. — 9 U. 23′ der Fleck ist ein Beträchtliches weiter vorgerückt.

1778. März.

Den 2ten. 8 U. 2′. Der dunkle Fleck mit etwas veränderter Gestalt ist jetzt in der Mitte; d. h. wenn man eine Linie perpendikulär auf die Aequatorialzone zieht, durch den Mittelpunct, so berührt sie nun den Aequatorialstreifen. — 13 U. 49′. Der dunkle Fleck, etwas verändert seit gestern, scheint jetzt in der Mitte zu seyn.

Den 14ten. (Die Uhr ist jetzt gerichtet; ihr Gang nicht verändert, da er gut regulirt ist.) 7 U. 35′. Der Flecken ist jetzt im Mittelpunct, doch scheint er nicht ganz den weißen Streif zu füllen, und ist nicht so groß und deutlich als vorher.

1778. April.

Den 7ten. 9 U. 31′. Es sind drey dunkle Flecken auf den Aequatorialstreifen, beinahe im Mittelpunct.

Den 12ten. 7 U. 50′. Die drey dunkeln Flecken sind im Mittelpunct. Der vorderste ist beinahe ganz verschwunden; die zwey anderen sind auch viel schwächer, doch deutlich genug, um sie zu erkennen.

1779. April.

Den 14ten. (Die Uhr 52″ zu früh.) 8 U. 38′. Ein merkwürdiger heller Fleck ist in dem Aequatorialstreifen gegen Norden im Mittelpunkt. 8 U. 58′. Der Flecken ist etwas über das Centrum hinaus.

Den 19ten. (Uhr genau mittlere Zeit.) 7 U. 10′. Ein heller Fleck ist nun gerade im Centrum. Nach seiner Gestalt ist es der vom 14ten. 7 U. 20′. Er ist jetzt sichtlich über das Centrum hinaus.

Den 23ten (Uhr wie den 19ten.) 9 U. 38′. Derselbe helle Fleck ist jetzt im Mittelpunct. 9 U. 43′. Er ist über das Centrum hinaus. Memorandum. Die Uhr ist bis auf wenige Sekunden zuverlässig.

Die Werkzeuge, mit welchen Herschel beobachtete, waren von ihm selbst gearbeitet, ein 20füßiger, 10füßiger neutonischer Reflector, und der 7füßige, mit dem er die Beobachtungen über die Mondsberge gemacht. Die Zeit wurde bestimmt durch korrespondirende Höhen mit 2füß. messingenen Quadrat. Die Mittagsverbesserung aus la Landes Tafeln. Die eine Uhr hatte ein Fichtenholz=Pendul, die andere ein zusammengesetztes aus Eisen und Messing, mit einer eigenen Vorrichtung, daß sie während des Aufziehens fortgehen. Der tägliche Gang wurde durch Sterndurchgänge bestimmt.

Anmerkung 4. Seite 144.

Die Beobachtungen, theils auch ihre zusammengedrängten Resultate sind folgende.

Eine merkwürdige Konjunktion zweyer Jupiters-Trabanten.

1790. May.

Den 14ten. 11 U. 30′ 10″ Sternzeit. Der zweyte und dritte Trabant sind so enge in Konjunktion, daß im 7füßigen mit einer Vergrößerung 350 man keine Theilung zwischen ihnen sehen kann. — 11 U. 34′ 10″. Der Schatten des ersten Trabanten ist immer noch auf der Scheibe des Planeten.

Eintritt des zweyten Trabanten in die Jupitersscheibe.

(Mit dem 10füßigen Reflector und 170füßiger Vergrößerung)

1794. July.

Den 28sten. 17 U. 25′ 40″. Der zweyte Trabant ist beinahe in Berührung mit dem östlichen Rande des Jupiters — 29′ 40″ scheint sehr nahe der Berührung; mit 900 sehr nahe der Berührung — 30′ 40″ scheint in Berührung. Er ist heller als der Theil des Jupiters, in welchen er eintritt. — 31′ 40″. Er ist mehr als halb eingetreten. — 33′ 40″. Scheint beinahe ganz eingetreten zu seyn. Sein überwiegendes Licht macht, daß er wie eine Hervorragung aussieht. -- 34′ 40″. Er ist gewiß ganz eingetreten. — 35′ 25″. Man sieht etwas von der Jupitersscheibe jenseits des Trabanten, ungefähr 1/4 seines Durchmessers groß. — 39′ 40″. Der dritte Trabant ist sehr hell, und von seiner gewöhnlichen Farbe. Der vierte ist dünn, gewöhnliche Farbe. Der erste ist sehr hell, sein Licht von gewöhnlicher Stärke.

Resultate über die Farbe der Trabanten.

Der erste ist weiß, doch bisweilen von hellerem Weiß als die übrigen. Der zweyte ist weiß, bläulich und aschfarbig. — Der dritte ist immer weiß, aber die Farbe ist in seinen verschiedenen Lagen von verschiedener Stärke. — Der vierte ist düster, verwischt, neigt sich gen Orange, röthlich und blaßroth in verschiedenen Zeiten; diese Farbentinten können zur Vermuthung Veranlassung geben, daß dieser Trabant eine beträchtliche Atmosphäre hat.

Durchmesser des zweyten Trabanten aus dem Eintritt desselben in die Planetenscheibe.

Nach der obigen Beobachtung vom 28sten July 1794 dauerte der Eintritt 4 Min. In dieser Zeit durchläuft der Trabant einen Winkel in seiner Bahn von 16′ 52″,9. Seine mittlere Entfernung vom Planeten ist nach la Lande 2′ 57″; dieß gibt seinem scheinbaren Durchmesser von der Erde aus gesehen, 0″,87, weniger als 9 Zehntel einer Sekunde. — Da der Eintritt nur in Minuten von Herschel angegeben worden, so hat er die Schärfe in der Berechnung nicht weiter getrieben, z. B. nicht die wahre Distanz Jupiters von der Erde berechnet, auch die Distanz nach la Lande ist nicht ganz verlässig. Uebrigens zeigt die Beobachtung, daß 45″ nach der Immersion ein Raum von 1/4 der Trabantendurchmesser jenseits des Trabanten sichtbar geworden, daß die 4 Min. Dauer nicht sehr von der Wahrheit abweichen mögen. Der Trabant ist demnach halb so groß, als vorhergehende Beobachter ihn angegeben.

Vergleichung der Trabanten nach scheinbarer Größe.

Nach der in der Abhandlung von den Sternen (11. Buch) angenommenen Bezeichnung ergaben sich folgende Resultate 1, 4, 2 4; 1 3 — , 4; 1 — 2 4, 2, 1 3 — — 4; 1; 2 1, 4, 2 3 — 2, 1, 4 3 — — 2 — 1, 4 1 —, 2 4. 1 — 2 1; 2 — 4 3 — — 1, 2 2 — 1.

Der dritte ist beträchtlich größer als alle übrigen; der erste ist etwas größer als der zweyte, beinahe wie der vierte; der zweyte ist der kleinste.

Anmerkung 5. Seite 153.

Die Originalbeobachtungen sind folgende:

1777. April.

Den 8ten. 7 U. 30′. Zwey Flecken auf dem Mars, mit einem hellen Streifen oder Theilung dazwischen, der Streifen ist nicht gut begränzt. 9 U. 30′. Die Flecken sind fortgerückt, mehr fleckige Theile werden sichtbar. 10 U. Die Umdrehung des Mars um seine Achse ist nun sehr augenscheinlich. (Mit 20füß. 300f. Vergrößerung.)

Den 17ten. (10füßiges. Ungefähr 211fache Vergrößerung.) 7 U. 50′. Mars erscheint. In a und b sind zwey helle Flecken so hell, daß es scheint, sie projiciren sich jenseits der Scheibe. In c und d sind zwey sehr dunkle Flecken, durch eine weniger dunkle Linie in der Mitte verbunden, diese war bey e und f durch eine sehr zarte weißliche Theilung unterbrochen.

Den 26sten. (Werkzeug wie den 17ten.) 9 U. 5′. Die Flecken auf dem Planeten sind sehr zart, und meist ungefähr wie in Fig. 18.

Den 27sten. (10füßiges. 324fache Vergrößerung.) 8 U. 40′. Der Abend ist sehr schön, das Teleskop in sehr gutem Zustand. Mars sieht aus wie in Fig. 19.

1779. May.

Den 9ten. (Voreilung der Uhr 15 Sek.; durch korrespondirende Höhen den 14ten April, und Durchgang eines Sterns wurde ihre tägliche Retardation 1,45 gefunden.) 11 U. 1′. Die Stellung der Marsflecken war wie Fig. 20. Ein sehr merkwürdiger dunkler Fleck nicht weit vom Mittelpunkt. 11 U. 30′. Die Gestalten haben sich über das Centrum hinwegbewegt.

Den 11ten. (Voreilung der Uhr 12 Sek.) 10 U. 18′. Der nämliche Fleck wie den 9ten ist auf der Scheibe; seine dunkelste Stelle ist ganz Südost vom Centrum. 11 U. 45′. Die dunkelste Stelle ist fast im Mittelpunkt. Der dunkle Fleck ist mit seinem Rand fast genau im Mittelpunkt.

Den 13ten. (7füßiger. 222fache Vergr. Voreilung der Uhr 9 S.) 11 U. 26′. Mars scheint jetzt dieselbe Lage zu haben, wie den 11ten um 10 U. 18′.

Den 22sten. (Retardation der Uhr 4″.) 12 U. 5′. Die Figur vom 11ten May ist nicht auf der Scheibe, aber einige andere schwächere Flecken sind sichtbar. Die Luft ist voll von Dünsten.

1779. Junius.

Den 6ten. (Die Uhr, berichtigt durch 10 korrespondirende Höhen und den Durchgang von (δ) Skorpion, retardirt täglich 1,9.) Der Durchgang ist eigentlich die Bedeckung eines Sterns hinter dem senkrechten Rand eines hohen Gebäudes, 40 Klafter Entfernung, beobachtet mit einem festen Instrument gegen jenen Punkt gerichtet, zu verstehen. — 10 U. 10′. Dieselbe Figur ist auf der Scheibe, wie 1777, April 8. um 7 U. 30′.

Den 15ten. (Zurückbleiben der Uhr 17″.) 9 U. 45′. Dieselbe Figur ist auf der Scheibe, wie den 9ten May um 11 U. 1′, doch etwas weiter vorgerückt. Vermuthlich ist es dieselbe und in derselben Stellung, wie 1777 den 17ten April.

Den 17ten. (Uhr zu spät 20″.) 9 U. 12′. Der dunkle Fleck auf dem Mars ist eher etwas weiter vorgerückt als den 11ten May um 10 U.

18'. — 10 U. der Fleck ist sichtlich vorgerückt. Wahrscheinlich braucht er eine Stunde, um ins Centrum zu kommen. — 10 U. 15'. Ein sehr dicker Nebel verdüstert den Himmel. — 11 U. 15'. Dieselbe Trübung.

Den 19ten. (Die Uhr 22'' zu spät, aus einem Durchgang δ Skorpion diesen Abend.) 8 U. 40'. Die Figur auf der Scheibe des Mars scheint dieselbe, wie den 6ten April 1777. 9 U. 15' (in der 12. Figur.) — 11 U. 30'. Die Figur vom 11ten, auf die ich bisher wartete, ist noch nicht in die Lage gekommen, wie sie um 11 U. 43' war; aber sie kann nicht weit davon seyn. Da Mars dem Horizont sich nähert, so ist zu fürchten, daß man ihn nicht verfolgen könne, bis sie ins Centrum tritt. 11 U. 47'. Der Zustand der Luft am Horizont ist sehr ungünstig. Mit vieler Mühe kann man jetzt sehen, daß die Figur noch nicht so weit vorgerückt ist als den 11ten May um 11 U. 43', gewiß aber nicht über 2 oder 3 Minuten davon entfernt ist. — 11 U. 51'. Das Wallen der Luft hindert alle fernere Beobachtung.

Anmerkung 6. Seite 153.

Folgendes ist das Resultat der einzelnen Combinationen nach Herschel's Berechnung und Reduktion; die Oerter des Mars geocentrisch, sind aus White Ephemeriden genommen, und 4'',109 für die Minute bey der Reduktion angenommen.

	St.	M.	S.
Vom 9 — 11 May. 2 Umdrehungsperioden geben .	24	38	1,5
11. — 13. May. 2 Umdrehungen . . .	24	34	1,5
Vom 11. May — 17 Juny 36	24	38	5,9
Verbesserung 3 Minut. für die Zwischenzeit, weil die Beobachtung sagt, daß der Fleck eher voraus gewesen.			
11. May bis 19. Juny.			
38 Umdrehungen	24	38	5,4
Eben solche Verbesserung wie bey der vorigen.			
13. May bis 17. Juny.			
34 Umdrehungen	24	38	20,3
Reduktion wegen der Bewegung des Werks in der Zwischenzeit	—	1	1,8
Verbesserte Umdrehungsperiode	24	39	22,1
Die Periode aus zweyjährigen ergibt sich wie folgt:			
1777. April 8. bis 1779 Juny 6.			
786 Umdrehungen geben reducirt . . .	24	39	23,03
1777. April 17. — 1779 Juny 15.			
768 Umdrehungen	—	—	18,94
1777. April 26. — 1779. Juny 19.			
763 Umdrehungen	—	—	23,04

Die Instrumente sind dieselbe, wie bey der Jupitersumdrehung.

Anmerkung 7. Seite 154.

Die Beobachtungen über den südlichen und nördlichen Polarfleck sind folgende.

1777. April.

Den 17ten. 7 U. 50'. Zwey merkbare helle Flecken sind auf der Marsscheibe. a und b. Die Linie A B zeigt den Parallel. (Das Instrument ist ein 10füßiger Reflektor, 9 Zoll Oeffnung, 211fache Vergrößerung.) 10 U. 20'. Beide sind aus der Scheibe hinaus.

1779.

In allen Marsbeobachtungen von diesem Jahr geschieht keines hellen

Fleckens Meldung, so daß Herschel glaubt, es waren keine merkwürdige da, welche seine Aufmerksamkeit angezogen hätten. Doch da sein Hauptaugenmerk besonders auf die tägliche Bewegung gerichtet war, so ist's möglich, daß er sie übersehen hat.

1781. März.

Den 13ten. 17 U. 40′. Ein sehr heller Fleck am südlichen Rand von beträchtlicher Ausdehnung. (20füßiger.)

1781. Juny.

Den 25sten. 11 U. 36′. Zwey helle Flecken. a ist größer als b. (7füßiger, 227fach.) 12 U. 15′, a ist breiter als b, b dagegen länger (mit 460f.) — 13 U. 12′. a ist breiter geworden, b schmäler.

Den 27sten. 11 U. 20′. Beide sichtbar.

Den 28sten. 11 U. 15′. Beide sichtbar, a viel breiter als b. 12 U. 55′. Eine gerade Linie durch a, b geht nicht durch's Centrum.

Den 30sten. 10 U. 48′. Der Fleck a ist sichtbar. — 11 U. 35′. Beide sind sichtbar.

1781. July.

Den 3ten. 10 U. 54′. a scheint größer als seither. Fig. 6. — 11 U. 24′. b ist noch nicht sichtbar. — 11 U. 36′. Ein Theil von b ist sichtbar.

Den 4ten. 12 U. 9′. a ist sehr voll, b äußerst dünn und kaum zu sehen. 12 U. 18′. a und b sind nicht ganz entgegengesetzt. — 12 U. 49′. b hat zugenommen.

Den 15ten. 9 U. 54′. a ist sichtbar. — 11 U. 35′. b unsichtbar. — 12 U. 12′. b ist nicht zu sehen.

Den 16ten. 11 U. 9′. a ist sehr groß.

Den 17ten. 11 U. 15′. Außer a kein anderer heller Fleck.

Den 19ten. 13 U. 31′. a ist sichtbar.

Den 20sten. 10 U. 3′. Vermuthlich ist der helle Fleck a, sehr nahe der Südpol des Mars, dieser muß also jetzt sichtbar seyn. Kein anderer heller Fleck ist diese Nacht sichtbar. — 10 U. 56′. Der Fleck b ist nicht sichtbar; die Nacht ist sehr schön.

Den 22sten. 11 U. 14′. Zwey helle Flecken in a und b. a ist größer als b. Wahrscheinlich ist der Südpol sichtbar, und der Nordpol ist verdeckt. Wenn die Flecken polar sind, oder nahe zu, so muß a größer als b erscheinen, und wenn b sich nach einer Richtung mehr als nach der anderen von Nordpol ausdehnt, so muß er einem Wechsel unterworfen seyn, wegen der Achsendrehung des Mars.

Den 30sten. 9 U. 43′. Beide Flecken sichtbar.

1781. August.

Den 8ten. 10 U. 4′. Nur a sichtbar.

Den 17ten. 9 U. 21′. Nur a im Gesicht.

Den 23sten. 8 U. 44′. a wie gewöhnlich und ein Theil von b.

1781. September.

Den 7ten. Der weiße Fleck a ist sehr groß.

1783. May.

Den 20sten. Mars hat ein besonderes Ansehen. In a ist der Polarfleck, er ist hell, und scheint wegen seines Glanzes über die Scheibe hinaus sich zu projiciren, daher ein Bruch in c.

1783. July.

Den 4ten. Der Fleck a ist sehr hell.

Den 23sten. 14 U. 45′. a ist sehr glänzend.

1783. August.

Den 16ten. Im 20füßigen erscheint der helle Fleck wie gewöhnlich.

Den 26sten. Der helle Fleck auf Mars ist sein Südpol, denn er bleibt an derselben Stelle, während die dunkeln Aequatorialflecken ihre bestimmten Umdrehungen vollziehen; er ist nahezu kreisförmig.

Den 29sten. Der Südpolarfleck ist in derselben Stellung.

1783. September.

Den 9ten. Wie gewöhnlich.

Den 22sten. Der Südpolarfleck ist von kreisförmiger Gestalt, und sehr glänzend und weiß. Herschel sah ihn sehr schön und deutlich, als er nahe dem Meridian war, und maß seinen kleinen Durchmesser in der Richtung des Marsäquators. Eine 932fache Vergrößerung gab 1″ 41‴, er war sehr deutlich. Der äußere Rand des Fleckens kam just herauf an den oberen Scheibenrand; ein günstiger Nebel, der alles störende Licht hinwegnahm, gab die Gegenstände äußerst gut begränzt, insbesondere Mars.

Den 23sten. Der Südpolarfleck a wie gewöhnlich.

Den 24sten. Eben so.

Den 25sten. 12 U. 30′. Der helle Südpolarfleck a scheint fest an seinem Ort, und geht beinahe herauf bis an den Rand der Scheibe; er ist vollkommen rund. 12 U. 55′. Der Weg der Aequatorialflecken ist gekrümmt, convex gegen Nord. Dieß bestätigt, daß der weiße Fleck im Südpol ist. Nach langem Aufmerken sieht man den Rand des Mars jenseits des Flecks, ungefähr $^1/_4$ des Fleckendurchmessers ausgedehnt.

Den 26sten. 12 U. 10′. Der Fleck a ist in Einer Linie mit dem Centrum und dem Ende des Hackens.

Den 27sten, 28sten, 29sten. Wie gewöhnlich.

Den 30sten. 10 U. 30′. Wie Fig. 17.

1783. Oktober.

Den 1sten. 9 U. 55′. Herschel neigt sich jetzt zu der Ansicht, daß der weiße Fleck eine kleine Umdrehung hat, und sein Centrum daher nicht genau im Pole liegt; es ist eher wahrscheinlich, daß der wirkliche Pol, obgleich innerhalb des Flecks, gegen die Peripherie desselben liege, oder $^1/_3$ seines Durchmessers von einer seiner Seiten. Ein paar Tage müssen darüber entscheiden, wenn man darauf besonders merkt. — 10 U. 17′. Der hellste Fleck ist gewiß nicht so weit von der Scheibe, als er vorher gewöhnlich war, entweder ist er kleiner geworden, oder er hat eine kleine Bewegung; in wenigen Stunden wird sich dieß ausweisen.— 13 U. 3′. Der helle Fleck hat eine kleine Bewegung, denn er ist jetzt weiter in die Scheibe eingetreten.

Nachdem auf diese Weise entschieden war, daß der Flecken den Südpol nicht im Centrum hatte, sondern um den Pol rotirte, so wurden die Beobachtungen und Messungen darauf gerichtet, sein mathemat. Verhältniß zum Pol zu bestimmen.

Fortgesetzte Beobachtungen über Größe und Glanz des südlichen Polarfleckens.

1783. Oktober.

Den 2ten. 7 U. 59′. Er ist zur Hälfte sichtbar.

Den 4ten. 8 U. 0′. Er scheint wie vormals sich über die Scheibe zu projiciren und ist sehr klein.

Den 5ten. 11 U. 15′. Sehr klein, scheint gerade im Umkreis der Scheibe. — 11 U. 30′. Klein; mit seiner entferntesten Seite scheint er in den Umkreis der Scheibe, vielleicht etwas jenseits, also nicht ganz sichtbar. — 11 U. 50′. Er ist heller als vorhin. — 13 U. 15′. Er ist mehr sichtbar, von seiner gewöhnlichen Größe, scheint seinen Ort nicht viel zu ändern; doch zeigen die Veränderungen, daß er jenseits des Pols war; denn es ist zu merken, daß er rechtläufig war, während die Aequatorialflecken rückgängig waren.

Den 9ten. 11 U. 48′. Er nimmt zu an Größe. 10 U. 35′ war er wie in Fig. 12., jetzt ist er größer, und dreht sich herum nach dem Theil seiner Bahn, welcher uns am nächsten liegt.

Den 10ten. 6 U. 20′. Unsichtbar; der Planet ist zu tief für eine zuverlässige Beobachtung. — 6 U. 55′. Er beginnt sichtbar zu werden, wenigstens sieht man ihn; der Planet steht höher. — 9 U. 55′. (Mit 460facher Vergr.) Der weiße Fleck ist bedeutend gewachsen; er zeigte eine kreisartige Gestalt.

Den 11ten. 7 U. 46′. Sehr sichtbar; schöner Abend (278fach).

Den 16ten. 7 U. 7′. Sehr lichtstark. — 9 U. 55′. Er sieht mehr in die Länge gezogen aus; vielleicht ist er auf der äußersten Gränze seines Parallels angelangt.

Den 17ten. 7 U. 47′. Sehr hell. — 13 U. 7′. Er erscheint kleiner, als am Anfang des Abends.

Den 23sten. 6 U. 46′. Sehr groß und leuchtend; vermuthlich steht er in dem uns nächsten Theil seiner kleinen Bahn. — 7 U. 11′. Seine Lage ist wie Fig. 22.

Den 24sten. 7 U. 1′. Sehr groß.

Den 27sten. 8 U. 45′. Sehr groß, rund.

1783. November.

Den 1sten. 7 U. 47′. Rund, hell.

Den 11ten. Die Verkürzung des Lichts, wobey der Mars verzerrt (schief) erscheint, reicht über den Fleck hinaus gegen den westlichen Rand und verdeckt ihn.

Den 14ten. Mars ist verzerrt, der Fleck ist dadurch unsichtbar.

Den 17ten. 6 U. 0′. Der Fleck ist unter der sichelförmigen Lichtverkürzung. — 6 U. 30′. Zweifelhaft, ob noch ein zarter Lichtblick vom Fleck übrig ist; das Wetter ist zu schlecht, darüber zu entscheiden.

Messungen der Stellung des Flecks gegen den Parallel.

1777. April.

Den 17ten. 7 U. 50′. Eine gerade durch die Mitte der zwey hellen Flecken a. b Fig. 1. macht einen Winkel von etwa 63° mit dem Parallel AB; der südliche Fleck westlich, der nördliche östlich. (Herschel zieht diese Linie vor, eher als eine durch's Centrum und einen Flecken, weil man nicht weiß, welcher der nächste am Pol ist; auch sind sie nicht entgegengesetzt, und waren nach zwey Stunden beide verschwunden, sie liegen also in Einer Hemisphäre.)

1779. May.

Den 9ten. Kein heller Fleck ist da: ein sehr bekannter dunkler Aequatorialfleck wird benutzt; eine rohe Schätzung gibt mit dem Parallel einen Winkel von 62° Südwest.

Den 11ten. Dieselbe Figur in einer anderen Lage gibt gleichfalls nach roher Schätzung einen Winkel mit einer Linie, welche den Parallel vorstellt. 62° Südwest.

1781. Juny.

Den 25sten. 11 U. 35′. Stellungswinkel beider Flecken mit Parallel. 74° 32′ der Flecken a ist Südwest: die Messung mit Mikrometer.

1781. July.

Den 15ten. 10 U. 12′. Linie durchs Centrum des Flecks und den Mittelpunkt der Scheibe 74° 18′ S. W.

1783. August.

Den 16ten. Fleck a. 64° SO. vom Centrum. Die Messung, obgleich mit 20füß. und 200facher Vergr. ist vielleicht nicht ganz genau, da der Planet nicht ganz voll ist, also das Centrum zweifelhaft wird.

1783. September.

Den 9ten. Stellung des vermeinten Südpols 65° 11″ SO. (Mit 7füßigem, 460f. Vergr.)

Den 22ten. Dieselbe 52° 12′ SO. 460f. Vergr.

Den 25ten. 13 U. 30′ dieselbe 56° 27′ sehr genau. Man halbirt den Mars mit einer Linie durch den hellen Fleck, unter Voraussetzung, der Planet sey nahe genug der Opposition, daß kein wesentlicher Irrthum eintreten kann. Bisher hatte Herschel ein Centrum sich gemacht, indem er etwas zugab wegen der nicht vollen Beleuchtung.

1783. Oktober.

Den 4ten. 8 U. 46′. Stellung des Flecken 51° 21′. Mars steht zu tief für eine Messung mit so starker (460facher) Vergrößerung.

Den 5ten. Die Bewegung des Fleckens war nun in hohem Grad wahrscheinlich, oder vielmehr bereits erkannt, folgende Messungen wurden daher angestellt, um ihre Größe zu finden. — 11 U. 50′. Stellung sehr genau 50° 6′ SO. — 14 U. 0′. 49° 45′ SO.

Den 7ten. 8 U. 20′. 55° 12′. Um zu sehen, wie weit diese Messung zuverläßig sey, stellte Herschel das Mikrometer auf 49° 36, dieß war zu klein; eben so 51° 36. Eine Messung sehr genau gab 55° 24′. — 10 U. 5′. Stellung 53°. — 11 U. 50′. 52′. Da man das Centrum nicht bestimmt unterscheiden kann, so ist es äußerst schwierig, den Fleck in eine Linie mit demselben so zu bringen, daß man sich vollkommen genügt.

Den 10ten. 7 U. 50′. Stellung 57° 12′, sehr genau mit 460facher Vergr. Herschel versuchte einige kleinere Winkel, sie waren wirklich zu klein. Die Luft ist zitternd, man sieht ziemlich deutlich. — 9 U. 55′. Stellung 52° 42′ sehr deutlich. — 12 U. 11′. Stellung 46° 30. Nicht so deutlich, als zu wünschen. — 14 U. 1′. Stellung 44° 12′. Sehr ungewiß wegen zitternder Luft; wenn der Planet nicht gut begränzt, ist das Centrum schwerer zu finden.

Den 16ten. 7 U. 7′. Stellung 63° 9′. Man versuchte 59°, 56, 60° 24; 61, 24, alle waren zu klein. Neue Messung 62° 48′. Sie ist wohlrichtig. — 9 U. 55′. Aus drey Messungen ist 65° 0′ die beste, der Planet und der Fleck auffallend gut zu sehen.

Den 27sten. 8 U. 45′. Stellung 59° 30′. Aus drey anderen Messungen ist 60° 89′ die beste: nach vielem Aufpassen und Wechsel und Versuchen mit den Fäden; aber die Verzerrung des Mars (der nicht mehr voll) ist so, daß man sich auf Stellungswinkel des Flecken nicht mehr verlassen kann.

Anmerkung 8. Seite 164.

Folgende 3 Messungsmethoden wandte Herschel an, um die Projection des Schattens in der Richtung senkrecht auf die Linie durch die Hörnerspitze zu messen. 1) Er gab dem unbeweglichen Faden seines Mikrometers eine Lage parallel mit der Hörnerlinie, wobey der Scheitel der Beleuchtungsellipse zur Direction hiebey dienen kann; mit dem anderen Faden wurde dann die Distanz gemessen; dieß fordert Zeit, besonders bey kleinem Gesichtsfeld. 2) Er setzt ein Augenglas von geringer Vergrößerung und großem Gesichtsfeld ein, womit er den größten Theil der Mondsscheibe übersah; merkte sich dann einen Punkt in der Scheibe, welcher die Richtung, nach der gemessen werden sollte, angab; mit dem Mikrometer-Okular wurde dann die Messung vollbracht. Die 3te hielt er für die beste, und wandte sie demnach am häufigsten an. Es wurden die benachbarten Schatten von Felsen oder Bergen bemerkt, die in der Nähe des zu messenden Gegenstandes waren, und nach dieser die Richtung der Messung orientirt.

Anmerkung 9. Seite 164.

Folgendes sind die Originalmessungen sammt den Resultaten der Berechnung. Die Projection des Schattens ist in Sekunden.

1779. Oktober.

Den 30sten. 6 U. M. Ein Felsen in der Nähe der Stelle, welche Hevel den schwarzen See nennt. 41″56 (ungefähr eine Meile.)

1780. Januar.

Den 13ten. 7 Uhr. Kein Berg war gut gelegen zur Messung auf ebenem Grunde nämlich. Der höchste pr. 25″,31 (0,42 Meilen Höhe.)

Den 14ten. 0 U. Der höchste am westlichen Rand 24″68 gibt Höhe weniger als $^{1}/_{2}$ Meile.

Den 17ten. 7 U. Ein sehr hoher Berg im südöstlichen Quadranten. 40″,625. Höhe $1^{1}/_{2}$ Meile.

Den 22sten. 8 U. 20′. Der höchste bey Snell oder Petavius. 11″,437. Höhe 0,37 Meilen — Ein anderer just hinter dem Mare Crisium. 7″ Höhe, nicht $^{1}/_{2}$ Meile.

Den 25sten. 7 U. 30′. Beym Aristoteles 18″,59; Höhe 0,37 Meilen. Andere Berge beym Mare Nectaris, ungefähr 23″,5; es lagen Hügel vor ihnen.

Den 28sten. 6 U. M. Der höchste auf der ganzen Scheibe 30″,93 Höhe, nicht eine halbe Meile.

1780. Februar.

Den 19ten. Mons Sinopium 5″,781, Höhe $1^{1}/_{2}$ Meile. (Die Messung etwas zu voll; überhaupt sind Messungen zu nahe am Voll- oder Neumond weniger sicher für die Resultate.)

1780. März.

Den 11ten. 7 Uhr. Vorgebirge Acherusia 17″,187. Höhe weniger als $^{1}/_{4}$ Meile. — Antitaurus (den auch Hevel gemessen), lag nicht sehr günstig, weil der Berg Moschus und die benachbarten Hügel einen tiefen Schatten warfen, den man fälschlich für die natürliche convexe Fläche des Monds nehmen konnte; die Projection seines Schattens ist 35″,105. Höhe nicht ganz $^{1}/_{2}$ Meile. — 7 U. 45′. Noch 2 Messungen, die eine zu klein 21″,562, die andere hinlänglich voll 24″,062 Höhe weniger als $^{1}/_{2}$ Meile.

Den 12ten. 7 Uhr. Einer von den Apenninen, zwischen See Trasimen und dem Pontus Euxinus 44″,062 Höhe $1^{1}/_{4}$ Meile. Diese Berge sind sehr hoch. — Der Berg Armonia beym Taurus 31″,406; Höhe $^{2}/_{3}$ Meile. Der Berg Leucopetra 34″,479, Höhe $^{3}/_{4}$ M. (Ein zarter Schatten eines nahen Hügels gab die Richtungen, der Berg selbst liegt nicht sehr günstig.)

Den 16ten. 10 U. 30′. Mons sacer 45″,625, über $1^{3}/_{4}$ Meil., doch sind einige Höhlungen umher. — Ein anderer außer dem Rande des Lacus Sirbonis 41″,875. Dieser Gebirgsstrich ist derselbe, von welchem Herschel den 17ten Jan. einen Berg maß, dessen Höhe 1,47 Meilen.

Anmerkung 10. Seite 169.

Hier hatte Miß Herschel das Glück, den Kometen zuerst zu erblicken, der nicht bloß durch die geringe Dichtigkeit sich auffallend zeigte, sondern höchst merkwürdig dadurch wurde, daß er als ein ordentliches Mitglied unseres Planetensystems, als eingebürgerter Insasse später erkannt wurde. Er beschreibt eine Ellipse in 3 Jahren; durch Gaus vollendete Kunst der astronomischen Berechnung, und die unermüdliche Arbeitsamkeit und Forschungsbegierde seiner Schüler, hier in unserm Falle Encke's, ist uns diese merkwürdige Erscheinung bekannt gemacht.

Anmerkung 11. Seite 171.

Zwey Beobachtungen unterstützen dieses Resultat; sie sind vollständig wie folgt.

1807. Oktober.

Den 31sten. 6 U. 5′ (mit dem 10füßigen). Ein Stern in dem Schweif des Kometen — er heiße a — ist viel weniger hell als zwey andere b und c außerhalb des Schweifs. Zwey andere Sterne d und e, südlich von b und c, im westlichen Zügen des Schweifs, sind äußerst lichtschwach. — 7 U. 20′. Der Stern c ist jetzt beträchtlich hell, der Schweif ist von ihm weg; d hingegen, welcher jetzt mehr in den Schweif gehüllt ist, kann man kaum sehen. — 7 U. 50′. Der Stern a, gegen den sich der Komet bewegt, ist in dichteren Nebel gehüllt und blößer geworden. d ist in hellerem Nebel als vorhin, doch am Rand, und wird bald austreten. — 8 U. 35′. Der Stern a hüllt sich immer mehr ein und ist kaum zu sehen; e ist ganz aus dem Schweif und ein beträchtlicher Stern; d ist noch eingehüllt. — 9 U. 10′. Auch c ist heraus; der Komet steht aber zu tief, um ihren Glanz zu vergleichen.

1807. November.

Den 25sten. 7 U. 35′. Ein Stern a befindet sich im Schweif, nahe am Kopf des Kometen; er ist gleich einem Stern b außerhalb des Schweifs, der zugleich mit ihm im Felde des Gesichts ist. Der Weg des Kometen geht gegen den Stern a zu, und er wird von einer größeren Helligkeit bedeckt werden. — 8 U. 46′. Der Stern ist nun in die Helligkeit am Kopfe des Kometen gehüllt, und nicht mehr sichtbar, ausgenommen dann und wann sehr schwach, gelegentlich unvollkommen flimmernd; der Stern b hat sein voriges Licht.

Anmerkung 12. Seite 174.

Folgendes ist die Nachricht, welche Herschel über die von ihm gesehenen Kometen-Atmosphären gibt, in der Abhandlung vom Jahr 1802.

1781. 22. Novbr. Pigott's Komet. Mähne 5 — 6′ Durchm.

1783. 29. Novbr. Ein anderer Komet von Pigott. 8′ Durchm.

1788. 22. Decbr. Miß Herschel's Komet. 5 — 6′.

1790. 9. Jan. Ein anderer von Miß Herschel entdeckter, ein Lichtdunst. 5 — 6′.

1790. 18. Jan. Mechain's Komet. Mähne, 5 — 6′ Durchm.

1795. 7. Novbr. Miß Herschel's Komet. Mähne 5 — 6′.

1799. 8. Septbr. H. Lee's Komet, 10′ wenigstens; kleiner Schweif 15′.

Anmerkung 13. Seite 180.

Miß Herschel hat noch einen dritten Kometen entdeckt; darüber Herschel Folgendes:

Letzten Donnerstag Abend den 15. December 1791, ungefähr halb neun Uhr, als er den Saturn beobachtete, betrachtete seine Schwester den Himmel, und entdeckte einen ziemlich großen teleskopischen Kometen in der Brust der Eidechse.

Herschel bestimmte seinen Ort; um 9 U. 42′ 4″,8 mittlerer Zeit ging er voran einem teleskopischen Sterne, 11″,3; und war südlich 2′ 41″. Dieser Stern folgt auf Nr. 2. Flamstead 1′ 41″,5 in Zeit, und 45′ 40″,8 südlich.

Mit dem 20füßigen erschien er den 16. November wie eine große lichthelle Masse, um einen verdichteten kleinen Theil von 5 bis 6 Sekunden umher ziemlich regelmäßig gelagert; er glich einer Art von Kern, aber hatte auch nicht das geringste Aussehen wie ein solider Körper. Außer dem zerstreuten und allmälig abnehmenden Licht, welches sich nach allen Seiten auf eine Entfernung von 3 Minuten vom hellen Mittelpunkt aus erstreckte, war auch ein sehr lichtschwach gedehnter, schlecht begränzter,

ziemlich breiter Strahl, etwa 15 M. lang da, seine Richtung ist nach Nordost, man kann ihn den Schweif nennen.

Mit einem fünffüßigen newtonischen Sucher, der ein gleichseitiges Dreyeck im Brennpunct des Augenglases hatte (man erkannte noch die drey Durchschnittspunkten an den Ecken sehr deutlich), bestimmte Herschel seinen Ort wie folgt.

1794. 16. Decbr. 5 U. 49′ 40″,6. Voran Flamstead Eidechse 4′58″,5 in Zeit; nördlich 53′ 14″,5.

Herschel beobachtete auch noch den Kometen, der im Januar 1807 nach seinem Durchgang durchs Perihelium sich wieder zeigte. Seine Schwester sah ihn den 27. Jan. den 31. stand er in dem von Bode Elektrisirmaschine benannten Sternbild. Den 1. Febr. untersuchte ihn Herschel mit dem 10füßigen bey schwacher Vergrößerung. „Es war kein Kern sichtbar, noch nahm die Lichterscheinung, welche man das Haar (Mähne) nennt plötzlich gegen die Mitte hin zu, sondern war von unregelmäßiger runder Gestalt, und dehnte sich bey dieser schwachen Vergrößerung bis auf 5,6 oder 7 Minuten im Durchmesser aus. Bey 169facher Vergrößerung nahm der Umfang ab, also war bey stärkerer Vergrößerung kein Kern zu erwarten. Später war er wegen wolkigen Wetters unsichtbar.“

Von 15 vorher schon von Herschel beobachteten teleskopischen Kometen hatten 14, den jetzigen mit eingeschlossen, keinen sichtbaren soliden Körper in ihrer Mitte; die zwey anderen hatten ein sehr schlecht begränztes kleines centrales Licht, welches man vielleicht einen Kern nennen kann, das aber gewiß nicht den Namen einer Scheibe verdient.

Anmerkung 14. Seite 182.

Beobachtung vom 26sten November 1794.

Acht Flecken sind in der Sonne, und mehrere Unterabtheilungen derselben auf gleiche Weise unter der Sonnenoberfläche versenkt. — Die Sonne ist überall gefleckten Lichts. — Dieses gefleckte Wesen ist Folge einer Ungleichheit in der Höhung und Tiefung. Das Fleckige ist überall unter dem Aequator und an den Polen, doch wegen der sphärischen Gestalt sieht man es besser in der Mitte als am Umkreis. Diese Unebenheit ist fast eben so als die der Halbschatten (um die dunkeln Flecken herum), welche sich in die Tiefe senken, ohne Fackeln in sich zu haben, welches Erhöhungen sind.

Anmerkung 15. Seite 185.

Beobachtung vom 4ten Januar 1801.

Eine große Oeffnung mit dem umgebenden Abhang ist schon über das Centrum der Sonne hinaus. Westlich sieht Herschel die Dicke des Abhangs von oben bis nach unten; östlich sieht er auch den Rand des Abhangs, er ist aber scharf, und seine Dicke sieht man nicht. Er sieht auch die Seitenwand der Erhöhung, welche den Abhang umgibt, wie sie westlich krumm sich hinabzieht nach der Oberfläche des unteren Abhangs. Eine große Sammlung Oeffnungen verschiedener Größe ist nahe dem östlichen Sonnenrand. Alle zeigen dieselbe optische Erscheinung, aber auf der entgegengesetzten Seite der westlichen Oeffnung; denn bey ihnen sind die Abhänge und Hinabziehen nur am östlichen Rande sichtbar.

3. Anmerk. Ob diese Strömung und Excentricität mit der Bewegung der Sonne um ihre Achse zusammenhänge, ist nicht bemerkt; gleichwie auch das entscheidende Phänomen, daß die dunkeln Flecken sich meist in den Aequatorialgegenden der Sonne befinden, nicht erläutert ist, und der Zusammenhang mit dem Zodiakallicht.

Anmerkung 16. Seite 189.

Um die Uebersicht der Beobachtungen zu geben, stehen hier die Inschriften der verschiedenen Paragraphen in Herschel's Abhandlung vom Jahr 1801.

Oeffnungen sind Stellen, von welchen die leuchtenden Sonnenwolken sich hinweggezogen — große haben meist Abhänge umher. — Manche sind ohne Abhänge — meistens die kleinen. — Meist haben sie Erhöhungen und Nieren um sich — sie haben eine Neigung zusammenzufließen — neue brechen in der Nähe der alten auf. — Wahrscheinliche Ursache (ein elastisches Gas, welches herauf drängt). Richtung und Wirkung dieser störenden Ursache. Wann sie in ihrem Maximum der Oeffnungen — sie trennen sich bey ihrem Abgehen — bisweilen nehmen sie nach dem Verfalle wieder zu. — Nachdem sie sich getheilt, nehmen sie ab und verschwinden. — Zerfallene bekommen bisweilen große Einzähnungen. — Verwandeln sich in Poren. — Nach ihrem Zerfall bleibt Störung zurück. — Man sieht in sie hinein unter Brücken und Abhänge hinab. — Die verschiedene Dunkelheit deutet auf verschiedene Tiefe. — Die Entfernung ihrer Abhänge vom Sonnenkörper ist durch die freye Bewegung der niederen Wolken angedeutet. —

Abhänge sind tiefer als die allgemeine Sonnenoberfläche, und sind die Stellen, von welchen (bloß) die oberen Sonnenwolken sich hinweggezogen. — Ihre Dicke ist sichtbar. — Bisweilen sind keine Oeffnungen in ihnen. — Sie entstehen aus den Oeffnungen, oder aus anderen schon gebildeten. — Wahrscheinliche Ursache (ein elastisches Gas). — Sie haben keine Runzeln, sondern sind buschig. — Sie zerfallen (indem die leuchtenden Wolken sich wieder zusammenziehen).

Rücken (Raine) sind Erhöhungen über die allgemeine Oberfläche der leuchtenden Sonnenwolken. — Sind lang. — Meist bey Oeffnungen. — Auch ohne dieselbe. — Verschwinden. — Verschiedene Ursachen derselben.

Nieren. Kleine aber sehr erhöhte leuchtende Stellen. — Vielleicht verkürzte Rücken.

Runzeln bestehen aus Erhebungen und Vertiefungen. — Erstrecken sich über die ganze Sonnenoberfläche. — Entstehen aus zerstreuten Rücken und Nieren. — Verändern Gestalt und Lage; nehmen zu, vermindern sich, theilen sich, verschwinden schnell.

Einzähnungen sind die dunkeln Stellen der Runzeln — ohne Oeffnungen — an einigen Stellen enthalten sie kleine Oeffnungen. — Die Erhebungen und Einzähnungen der Runzeln sind von verschiedener Gestalt — sie verwandeln sich in Oeffnungen — sind von derselben Natur wie die Abhänge — sie enthalten oft sehr kleine Oeffnungen in ihrer Niederung — sind von verschiedener Gestalt — dehnen sich über die ganze Sonne aus — mit kleinen Vergrößerungen erscheinen sie wie Puncte. —

Die Poren sind die tiefen Stellen der Einzähnungen — sie wachsen bisweilen und werden zu Oeffnungen — sie verschwinden schnell.

Viertes Buch.*)

Der teleskopische Apparat.

Herschel hat das Spiegel-Teleskop — welches vor ihm durch Short bearbeitet worden — nachdem sein untilgbarer Trieb zur Sternkunde das Zutrauen zu sich selbst und zu diesem Werkzeuge vereinigt, auf eine seiner Zeitgenossen Bewunderung erregende Weise veredelt. Nach drei Seiten richteten sich die Erweiterungen, die optische Kraft und Bau betreffend, den Mechanismus der Bewegung, die Beobachtungsweise und den Apparat.

Von diesen Unternehmungen gibt dieß vierte Buch eine Uebersicht, nach dem Großartigen derselben, nach der umfassendsten Beachtung des Weitesten und des Kleinsten, entsprechend den in den vorhergehenden Büchern berichteten Resultaten, mit diesen Werkzeugen erhalten. Hier bereichert überdieß auf eine denkwürdige Weise Herschel — indem er sein Teleskop für die Sonnenbeschauung vorrichtet — die Physik des Lichts und der Wärme; gleichsam als huldigten ihm alle Regionen des Lichts.

§. 1. Das Fernrohr und das Auge.

Ueber die großen Entdeckungen, welche unserm Herschel mit seinen Teleskopen gelangen, in der entfernten Welt sowohl als in unserm Planeten-System, sind in den vorhergehenden Büchern Berichte gegeben. Es ist nun angemessen, die Werkzeuge genauer kennen zu lernen, mit denen er solche Resultate erhalten; die Theorie, welche ihnen solche Kraft sicherte, den Mechanismus, welcher solche gewaltige Massen nicht bloß zur Bequemlichkeit des Beschauens, sondern auch zur Genauigkeit des Beobachtens einrichtete, nicht bloß Leichtigkeit der Bewegung, sondern auch mathematische Sicherheit ertheilte.

Herschel (nach seinem eigenen Berichte der Abhand-

*) S. Anmerkung A.

lung von 1795.) weihet sich mit außerordentlicher Beharrlichkeit frühe nicht bloß der Beobachtung und der Theorie, sondern auch der ausübenden Optik und Mechanik. Immer fortschreitend, immer sich übend hatte er, ehe die Entdeckung des Georgsplaneten ihm die Huld und besondere Protection des Königs von England verschaffte, nicht weniger als 200 7füßige, 150 zehnfüßige und ungefähr 80 zwanzigfüßige Spiegel verfertigt; unbekannt mit der genauesten Art, ihnen die Gestalt zu geben, wählte er die am besten gerathenen. Im Jahr 1781 hatte er einen 30füßigen Spiegel gegossen; die Idee war ein Luftteleskop — nach Art der Alten — mit ihm zu bauen. Er borst aber beym Kühlen, und nachher platzte der Ofen, und das Metall war verloren, und seine weitern Unternehmungen stockten.

Wie er allmälig zur Verbesserung des mathematischen Theils, der vollkommenern Beobachtungs-Genauigkeit kam, berichtet er selbst in der Abhandlung vom Jahr 1781; wie er bis zur Genauigkeit von Minuten oder halben Minuten kam; wie er sich, dem Gehülfen und dem Arbeiter, der die Bewegungen des Fernrohrs und ganzen Apparats mit und mit ihm im Einverständniß leiten sollte, mehr Bequemlichkeit, also der gesammten Thätigkeit mehr Umfang und Zuverlässigkeit verschaffte. Die Beschreibung des 40füßigen und seines Mechanismus, der im Verlauf dieses Buchs mitgetheilt werden soll, wird unser Urtheil darüber leiten.

1) Wir beschäftigen uns billig zuvörderst mit der optischen Kraft dieser Herschel'schen Werkzeuge. Er gibt uns darüber selbst authentische Belehrung in der Abhandlung über die raumdurchdringende Kraft der Teleskope, gelesen 21. Nov. 1799. Sie war die Basis seiner Ausmessungen über die Tiefe des Himmels, der Ansichten über den innern Bau der Sternhaufen; sie ist entscheidend auch für das oft so schwankende Urtheil über die Kraft, Vortrefflichkeit und den Werth eines optischen Werkzeugs, welches im gemeinen Umlauf bloß von Lichtstärke und Vergrößerung spricht, ohne für den ersten Ausdruck eine Bestimmung anzugeben, oder noch unbestimmter geradezu das Fernrohr, das die stärkste Vergrößerung verträgt, das beste nennt. Indem Herschel statt des unbestimmten Begriffs Lichtstärke den von ihm mathematisch bestimmbaren raumdurchdringende Kraft einführte, ist das Wesen der optischen Werkzeuge vollkommen erschöpft durch die zwey strengen Ergebnisse der raumdurchdringenden, der vergrößernden Kraft.

Nachdem Herschel in der angeführten Abhandlung, — deren Analyse uns hier obliegt — die Begriffe leuchtender, selbstleuchtender physischer Punkt, Durchsichtigkeit des Lichts für das Licht vorausgeschickt (ohne zu untersuchen, ob das Licht nach allen Richtungen gleich ausstrahlt), bestimmt er die Begriffe absolute Helligkeit oder Lichtstärke und eigenthüm-

liche (specifische, innerliche) Helligkeit, und die vereinte Helligkeit (nach der Menge der leuchtenden Punkte geschätzt) eines Gegenstandes. Nämlich die absolute Lichtmenge, die eine leuchtende Oberfläche aussendet, wird durch zwey Momente bestimmt: 1) die Menge der leuchtenden Punkte — da die Sonnenscheibe aussendet, oder eine Scheibe, deren Durchmesser gleich einem Saturns-, Jupiters- oder Marsdurchmesser — oder der mathematischen Größe derselben; 2) die specifische Lichtkraft der einzelnen Punkte dieser Oberfläche, sie mögen nun alle gleich seyn, oder einzeln verschieden. — Mond und Sonne sind passende Beyspiele, ihre Scheibchen sind fast für uns gleich; die Menge der leuchtenden Punkte ist für beyde gleich; aber die Lichtkraft derselben ist dem Grad nach sehr verschieden; ja wenn man die Sonnenflecken und Mondsflecken in Betracht zieht, so ist der Lichtgrad der einzelnen Punkte selbst wieder untereinander verschieden. Nimmt man aber gleichsam ein Mittel aus allen, so hätte man das Verhältniß der innern oder specifischen Helligkeit der Sonne und des Monds. Die absolute Helligkeit muß nach beyden Momenten zugleich beurtheilt und bestimmt werden. Gesetzt den Fall, der Lichtgrad jedes Punkts der Sonne wäre 100,000mal größer als beym Mond, und die Scheiben durchaus gleich, so wäre die absolute Lichtmenge, welche die Sonne aussendet, 100,000mal größer als die, welche der Mond aussendet; wäre der Durchmesser der Sonne 10mal kleiner, die Oberfläche also 100mal kleiner, so würde die absolute Helligkeit nur 1000mal größer seyn als beym Monde.

Da hier über die Beziehung der leuchtenden Flächen zum Auge zu dem mit Fernröhren bewaffneten Auge die Untersuchung geführt wird, so unterscheidet Herschel überdieß die absolute Menge, welche das Auge erhält; diese Lichtmenge verhält sich offenbar wie die Oeffnung der Pupille, also wie das Quadrat ihres Durchmessers. Weitert sie sich, ist die absolute Helligkeit (oder Lichtmenge), die ins Auge trifft, größer; bey der Verengerung wird sie kleiner. — Nichts ist einfacher als dieser Begriff; hundert Menschen erhalten 100mal so viel Licht als ein einziger. —

Ebenso ist nun die absolute Lichtmenge, die der Spiegel eines Teleskops erhält, seiner Oeffnung, seiner Oberfläche im Verhältniß, also dem Quadrat seines Durchmessers.

Nach der angenommenen Meinung nimmt die Intensität, der Grad, die Stärke des sich fortleitenden Lichts wie das Quadrat der Entfernung vom leuchtenden Punkte oder der leuchtenden Oberfläche ab. Ein Moment, wodurch dem Obigen gemäß, die absolute Lichtmenge bestimmt wird, nimmt ab; folglich wird auch die absolute Lichtmenge, die das Auge trifft, umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung des leuchtenden Gegenstandes vom Auge sich verhalten.

Die Vereinigung dieser Bestimmung mit den gewöhnlichen Ausdrücken und Ansichten der Optik erweist nun Herschel, indem er einige scheinbare Einwürfe berichtigt. Die Optiker sagen und beweisen, ein Gegenstand ist in allen Entfernungen gleich hell; die Sonne auf dem Saturn so hell wie bey uns, ja noch weiter entfernt gleichfalls. Im Teleskop müssen alle Sterne gleich hell erscheinen; wir müssen Sterne noch sehen können, die viele tausend Siriusweiten entfernt sind; ja eigentlich sehen wir nur die Sterne nicht, welche in unendlicher Tiefe stehen. — Die Unterscheidung zwischen absoluter und innerer Helligkeit löst dieses Räthsel. Die Intensität des Sonnenbilds, oder die innerliche Helligkeit, des Sonnenbilds auf der Netzhaut des Auges, bleibt allerdings in allen Entfernungen gleich; und ist auf dem Auge des Saturns-Bewohners so hell, wie in unsrigem; die Fläche dieses Bildes, welche es auf seinem Auge einnimmt, ist aber 100mal kleiner als in unserm Auge (wenn wir ihn Kürze halber 10mal weiter von der Sonne entfernt annehmen als wir sind); das 100mal größere Sonnenbild in unserm Auge ist aber in allen seinen Punkten so hell, als das im Auge des Saturnbewohners; in unser Auge ist also wahrhaft eine 100mal größere Lichtmenge gedrungen: das heißt, nach den obigen Ausdrücken, auf dem Saturn ist die absolute Helligkeit der Sonne 100mal kleiner als auf der Erde.

Dasselbe gilt auch von den Sternen: ihre Lichtmenge nimmt mit dem Quadrat der Entfernung ab; daher sieht das unbewaffnete Auge jenseits der 12ten Siriusweite keinen Stern mehr; und kein Teleskop erreicht, wie sich in der Folge ergeben wird, in 2000 Siriusweiten einen einzelnen Stern.

Herschel bestimmt sodann, wie weit das unbewaffnete menschliche Auge reicht, welches im Folgenden betrachtet wird, und dann das Verhältniß der raumdurchdringenden Kräfte des Auges und des Teleskops. Da die absolute Helligkeit eines Gegenstandes vom Quadrat seiner Entfernung abhängt; so muß die Distanz, die das Auge noch erreicht, oder das Fernrohr, von der Quadratwurzel der absoluten Helligkeit abhängen; die absolute Helligkeit ist also dem Quadrat der raumdurchdringenden Kraft im Verhältnisse. — Würde das Fernrohr bloß aus Einem Spiegel bestehen, der seine Lichtmenge in das Auge sendet, so würden sich die raumdurchdringenden Kräfte wie die Durchmesser der Pupille und des Spiegels verhalten, der Spiegel leistete dann nur den Dienst einer erweiterten Pupille. Ein Fernrohr, das kraft seines lichtauffangenden großen Spiegels von einem Gegenstand 100mal mehr Licht in das Auge sendet, als es unmittelbar von demselben erhält, wird von demselben Gegenstand — wenn er in die 10fache Entfernung gerückt wird — dem Auge

eben soviel Licht zusenden, als es von demselben in der einfachen Entfernung erhält. Dann ist die raumdurchdringende Kraft des Fernrohrs 10mal größer als die des Auges; und wenn das Fernrohr nur Ein Spiegel wäre, so würde sein Durchmesser auch 10mal größer seyn als der Durchmesser der Pupille.

2) Das Teleskop ist aber ein zusammengesetztes Wesen, es hat außer dem Spiegel noch Oculare, zu beliebiger Vergrößerung des Bilds; es hat nach Newtonischer Einrichtung noch einen zweyten kleinern Spiegel, dieser nimmt einen Theil der Lichtmenge weg, oder fängt auf von dem, was vom leuchtenden Gegenstand auf den großen Spiegel fallen würde. Ueberdieß sind die Spiegel nicht absolut abspiegelnd alles Licht, was sie empfangen; auch die Linsen verschlucken und zerstreuen Licht. Herschel suchte diesen Lichtverlust bey Abspiegelung und Durchleitung zu bestimmen, und fand aus Versuchen mit ebenen Metallspiegeln, für Abspiegelung und bey Glaslinsen beym Durchgang, wie er sie für seine Teleskope anwendet, folgende Resultate:

Menge der einfallenden Strahlen	100,000	
— — abgespiegelten . .	67,262	bey einem Spie-
— — verlornen . . .	32,738	gel.
Menge der durchgeleiteten . .	94,825	eine Linse
— — verlornen . . .	5,175	
Menge der doppelt abgespiegelten	45,242	zwey Spiegel
— — doppelt durchgeleiteten	89,918	zwey Linsen
— bey dreyfacher Durchleitung	85,265	drey Linsen.

Daraus ergibt sich, daß gemäß der Zusammensetzung obiger Verhältnisse ein Herschel'sches Fernrohr mit einem Spiegel und einem einfachen Augenglas von 100tausend einfallenden Strahlen 63,796 dem Auge übergibt, ein Newtonisches mit zwey Spiegeln und einfachem Augenglas 4[illegible],901, mit doppeltem Augenglas nur 40,681. — Diese Bestimmungen sind nicht ohne beträchtliche Ungewißheit: die Güte der Politur, ob der Spiegel neu oder alt, die Natur des Metalls haben Einfluß.

Vermittelst dieser Größen bestimmt nun Herschel die raumdurchdringende Kraft aller seiner Werkzeuge in ihrem Verhältniß zum Auge: dabey setzt er den Durchmesser der Pupille *) 2 Zehntel Zoll. Die Oberfläche des großen Spiegels wird verkleinert um die Oberfläche des kleinen Spiegels, der das Licht auffängt, und die Lichtmenge, die beyde Spiegel zurücksenden, ist nach den obigen Verhältnissen zu berichtigen. Folgende Tafel gibt die Uebersicht **).

---

*) S. Anmerkung 1.
**) Vergl. I. Buch über die Ausmessung des Himmels.

Tafel der Dimensionen und raumdurchdringenden Kräfte der Herschel'schen Teleskope.

Teleskop.	Durchmesser des großen Spiegels.	Durchmesser des kleinen Spiegels.	Correction wegen Lichtverlust.	raumdurchdringende Kraft.
Finder des 7füßigen	Objectivglas 7,5		0,899	3,56
Finder des 20füßigen . . .	11,7		0,85	4,50
	Linien			
Kleines 2füßiges Newtonisches	42	12	0,406	12,84
7füßiges . . .	63	12	0,429	20,25
5füßiges . . .	92	21	0,406	28,57
10füßiges . . .	89	16	0,429	28,67
20füßiges . . .	120	15	0,429	38,99
20füßiges . . .	188	21	0,429	61,18
20füßiges Herschel'sches . .	188	Oh. kl. Spgl.	0,638	75,08
25füßiges . . .	240	— — —	0,638	95,85
40füßiges . . .	480	— — —	0,638	191,69

Bey der Darstellung der Entdeckungen, im Gebiete des Saturns ist bereits angeführt, daß Herschel die große Verbesserung bey den Spiegel-Teleskopen anbrachte, dadurch, daß er den beym Newtonischen Fernrohr gewöhnlichen kleinen Spiegel wegließ, und also geradezu mit dem Ocular von Vorne in den Spiegel schaute, weßwegen er auch diese Art der Beobachtung die Vornschau (Frontview) nannte. Dadurch ist das Verhältniß der noch wirksamen Strahlen beym Spiegel und bey der Objectiv-Glaslinse wie 67 zu 94, wie 713 zu 1000; nach den obigen Versuchen.

3) Herschel macht sofort einige Anwendungen dieser Theorie, indem er mehrere Beyspiele terrestrischer und astronomischer Beobachtungen mittheilt; das Beyspiel vom Thurm in der Dämmerung ist das erste. Im Jahr 1776 hatte er ein 20füßiges Teleskop (nach Newtonischer Einrichtung) aufgestellt; seine raumdurchdringende Kraft war 38,99. Er sah damit in der Dämmerung des Abends, als das Auge wegen der Dunkelheit keine große raumdurchdringende Kraft hatte, nach einem Thurm, und erkannte noch die Zahlen auf dem Zifferblatt, obgleich das bloße Auge nicht einmal den Thurm mehr sah. Die Vergrößerung war hier allerdings Ursache, daß man lesen konnte, wie viel Uhr es war, aber um den Thurm zu sehen, war keine Vergrößerung nöthig; dieß wirkte die raumdurchdringende Kraft. — Herschel erläutert sodann den Satz der Optiker, welcher ausspricht: kein Teleskop kann einen Gegenstand heller

zeigen, als er dem bloßen Auge erscheint. Allerdings kann die eigenthümliche Helligkeit des Bildes auf der Netzhaut nicht größer werden; aber da das Bild beym teleskopischen Sehen sich auf einem größern Raum verbreitet, so muß die absolute Lichtmenge größer seyn. Das Bild, welches das Fernrohr auf der Netzhaut des Auges entwirft, ist nur dann so hell im Allgemeinen als das im bloßen Auge, wenn die Vergrößerung in demselben Verhältniß steht, wie die Durchmesser des Spiegels und des Auges; in den meisten Fällen ist die eigenthümliche Helligkeit desselben wegen Anwendung stärkerer Vergrößerungen geringer als des natürlichen Bildes; so gibt die Berechnung für den gegenwärtigen Fall beym Thurme, daß das teleskopische Bild nur ⅓ von der Helligkeit des natürlichen hatte. Daraus folgt ohne allen Zweifel, daß das teleskopische Sehen durch die absolute Helligkeit verrichtet wird. And this establishes beyond a doubt, that telescopic vision is performed by the absolute brightness of the objects.

Das Nachtfernrohr — eine neuere Erfindung — führt die Abhandlung als ein zweytes Beyspiel auf. Wenn die Dunkelheit des Abends das natürliche Sehen verkürzt, ruft dieß kurze Fernrohr (welches gewöhnlich 6 oder 7mal mehr raumdurchdringende Kraft hat als das Auge) der Seemann zu Hülfe, um Gegenstände, die für ihn Interesse haben, zu entdecken. Gewöhnlich ist das Objectivglas 2⅕ Zoll im Durchmesser; das doppelte Augenglas vergrößert ungefähr 7—8mal; dieß würde den Strahlenbüschel, der ins Auge tritt, 3⅙ oder 3⅐ Zehntels Zoll breit geben; wir müssen daher, damit dieß Fernrohr seine volle Wirkung thut, die Oeffnung der Pupille größer als 2 Zehntel Zoll annehmen, wenigstens kann man dieselbe nicht kleiner annehmen als die Oeffnung des Objectivs, dividirt durch die Vergrößerungszahl. Dieß gibt eine raumdurchdringende Kraft von 6,46 oder 7,39. Die Helligkeit des teleskopischen Bildes, ist also fast dieselbe wie die des natürlichen, und doch sieht das bewaffnete Auge viel weiter als das unbewaffnete.

Ein historisches Factum wird bemerkt. Bald nach der Entdeckung des Georgsterns drückte ein sehr berühmter Beobachter, welcher die Anzahl unserer teleskopischen Kometen und Nebel beträchtlich vermehrt hat, schriftlich an Herschel den Wunsch aus, die Methode kennen zu lernen, wodurch er diesen Gegenstand von den übrigen Sternen, die gleiches Aussehen hatten, unterschied. Herschel zweifelt nicht, daß das Werkzeug, mit welchem dieser Astronom gewöhnlich Kometen suchte, eine raumdurchdringende Kraft hatte, die viel zu groß war für diesen Planeten, den schon das unbewaffnete Auge sieht. Hier zeigte sich aber der große Unterschied zwischen raumdurchdringender und vergrößernder Kraft; letztere war hier erforderlich; und damals ge-

rade war Herschel mit ihrer Vervollkommnung beschäftigt, wegen seiner gedrängten Doppelsterne; er hatte sie bis 6652 erhöht, wie in den Verzeichnissen der Doppelsterne bemerkt worden ist.

Die Beyspiele, welche von den Nebeln hergenommen sind, um die raumdurchdringende Kraft der verschiedenen Fernröhren zu verdeutlichen, hat das erste Buch dieser Abhandlung, in dem Artikel über die Ausmessung des Himmels, dargelegt. Es beziehen sich andere auf die Planetenwelt. Den 10ten October 1791 sah Herschel ohne Augenglas im Spiegel des 40füßigen den 4ten Satelliten und den Ring des Saturns. Die Vergrößerung konnte hier wohl nicht mehr als 60—70fach seyn; die raumdurchdringende Kraft ersetzte sie, obgleich der größte Theil derselben verloren gehen mußte, wegen der geringen Oeffnung der Pupille; denn der Lichtpinsel war nicht weniger als 7—8 Zoll.— Eben so entdeckte Herschel mit dem 40füßigen den 6 und 7ten Saturns-Trabanten; allerdings erreicht sie auch das 20füßige, aber weder das 10füßige noch das 7füßige, wegen ihrer geringern raumdurchdringenden Kraft. Vergleichung zwischen dem 20- und 40füßigen bey Beobachtung der Saturns-Trabanten und seines Rings gibt die Anmerkung *).

Ueber die Wechselwirkung der raumdurchdringenden und vergrößernden Kraft dienet das Beyspiel von dem Nebelfleck des Messier Nro. 33, der bey 120facher Vergrößerung mit dem siebenfüßigen aus Sternen zu bestehen scheint: mit 278facher und 460facher dagegen verschwindet. Herschel sagt darüber: die wahre Erklärung des Factums scheint mir diese zu seyn, daß, wenn die gesammelte Lichtmasse zur Vergrößerung angewandt wird, sie nicht zum Raumdurchdringen sich äußern kann. Im Jun. 18. 1799 wollte Herschel den Planeten Venus mit einem 10füßigen, dessen raumdurchdringende Kraft 29 war, betrachten, er ertrug weder eine geringe noch starke Vergrößerung, und doch war der Spiegel so vollkommen, daß er bey 600facher Vergrößerung den Stern (γ) im Löwen in größester Vollkommenheit zeigte. — Mit 14facher raumdurchdringender Kraft und 400—600facher Vergrößerung sah man dagegen die Venus vollkommen gut begränzt. — Hier war die raumdurchdringende Kraft schädlich; darum je größer sie wird, desto stärker müssen wir auch vergrößern; wodurch wir alle Nachtheile starker Vergrößerungen wegen der Mitvergrößerung der atmosphärischen Hindernisse erhalten. Daraus ergibt sich, **) daß nach der Natur des Gegenstandes das Verhältniß der raumdurchdringenden und vergrößernden Kraft abgeglichen werden muß. Wenn es darauf

*) S. Anmerkung 2.
**) S. Anmerkung 3.

ankömmt den Raum zu durchdringen (d. h. einen entfernten Gegenstand nur zu sehen), so darf man keine stärkere Vergrößerung anwenden, als gerade nöthig ist, ihn gut zu sehen; sollen aber Gegenstände in ihren kleinsten Theilen durch starke Vergrößerung untersucht werden, so soll die raumdurchdringende Kraft uns eben hinlänglich seyn.

Welches ist die Gränze der raumdurchdringenden Kraft, die wir für unsere Fernröhren hoffen können? Es scheint, sagt Herschel, daß hier eine beträchtliche Vervollkommnung statt haben könnte; da das 40füßige 191,69fache raumdurchdringende Kraft hat, so ist eine 500fache ohne Zweifel auch zu erreichen, aber wahrscheinlich keine höhere. Die natürliche Gränze scheint gesetzt zu seyn durch eine Gleichung zwischen dem zartesten Stern, den wir noch sichtbar machen können (auf irgend eine Weise) und dem vereinigten Glanz des gesammten Sternlichts. Denn da das Licht des Himmels in den Herschel'schen großen Teleskopen bereits sehr beträchtlich ist, so muß es endlich bey Verstärkung der raumdurchdringenden Kraft so zunehmen, daß es ein Gleichgewicht hält mit dem Lichte der Gegenstände, die so weit entfernt sind, daß sie minder hell sind als die allgemeine Helligkeit des Himmels. Die Berechnung gibt, daß ein Spiegel-Teleskop nach Herschel'scher Construction und obiger Formel einen Spiegel von 10 Fuß 5,2 Zoll Durchmesser haben müßte, um eine 500fache raumdurchdringende Kraft zu erhalten.

Wie weit reicht das 40füßige im Raum? Wenn das natürliche Auge noch einen Stern in 12 Siriusweiten erblickt, so erreicht es einen einzelnen Stern noch in 2300 Siriusweiten, oder ein Stern von 2300 Siriusweiten sendet vermittelst des 40füßigen so viel Licht in das Auge als ein Stern in 12 Siriusweiten; und ein Sternhaufen, dessen Sternmenge 50,000 ist, und mit vereintem Licht das Auge trifft, in 509,808 Siriusweiten.

Wie viel Zeit wird erfordert, um mit einem Herschel'schen 20- und 40füßigen Teleskop den Himmel zu durchstreifen? Mit jenem hatte Herschel Zonen von 2° im Aequator durchstreift, mit einer 157fachen Vergrößerung; man muß aber 10 Minuten Polardistanz zugeben, um die Streifzüge durch die Zonen an einander zu fügen. Die Breite der Zonen kann man gegen Norden zu vergrößern; also kann man die nördliche Halbkugel in 40 Zonen durchstreifen; auf die südliche kommen für die Lage des Herschel'schen Standpunkts gegen die Himmelspole 19 Zonen; im Ganzen 59. Man muß aber auf jede Zone, wegen des Aneinanderfügens derselben in Geradaufsteigung, 5 Min. Zeit mehr rechnen, also kommen 25 Stunden auf jede Durchstreifung einer Zone; dieß gibt für die ganze Durchstreifung

des Himmels 1475 (= 25. 59) Stunden, mit dem 20füßigen. Nun rechnet Herschel gemäß den Ergebnissen seiner Tagebücher nur hundert Stunden auf ein Jahr, wenn sie sehr ergiebig seyn sollen; denn die Nacht muß sehr klar seyn, ohne Mondschein, ohne Dämmerung, ohne Nebel, ohne heftigen Wind, ohne plötzlichen Wechsel des Wärmestands; die Zeit, um unterbrochene Streifzüge auszufüllen, muß auch abgerechnet werden. Demnach läßt sich der (in England sichtbare Himmel) mit dem 20füßigen in 14⅙ Jahren durchstreifen mit der 157fachen Vergrößerung; da nun die Zeiten sich wie die Quadrate der Vergrößerungen verhalten, so würden, um mit dem 40füßigen bey 1000facher Vergrößerung den Himmel zu durchstreifen, 598 Jahre erfordert; dabey würde man nur einen Augenblick in jedem Theil des Himmels verweilen; und der Theil der südlichen Himmelskugel würde noch 213 Jahre erfordern. — Die Bescheidenheit, die in solchen Betrachtungen Herschels liegt, ist eben so wenig zu mißkennen als die Aufforderung, die darin sich ausspricht, die Kräfte zu vereinigen, und nach gemeinschaftlichem Bestreben zu ordnen, wovon die neuere Astronomie in der That Beyspiele selbst aufweist.

Wie stimmt diese Theorie der raumdurchdringenden Kraft mit der Ausmessung des Himmels nach dem Prinzip der gleichen Vertheilung der Sterne? untersucht Herschel noch. Nach dem letztern Prinzip war er in der Abhandlung über den Bau des Himmels (Siehe 1stes Buch) verfahren; die Beobachtungen, auf denen die Resultate sich gründeten, waren mit dem 20füßigen Fernrohr nach Newtonischer Bauart gemacht, seine raumdurchdringende Kraft war damals nur 61,18mal größer als die des Auges; es erreichte also noch Sterne in 734facher (=61,18. 12) Siriusweite; das Prinzip gab 500 Siriusweiten; der gleichen Vertheilung gemäß müßten, um nur in 600fache Siriusweite in die Milchstraße einzudringen, über 1000 Sterne im Gesichtsfeld sich gezeigt haben; das reichste Feld hatte aber nur 600 Sterne; an diesen Stellen drang also vielleicht das Fernrohr jenseits die Milchstraße; denn aus spätern Beobachtungen mit dem kräftigen 20füßigen und dem 40füßigen erstreckte sich dieß Sterngebilde jenseits 900 Siriusweiten. *)

(2) Die Bestimmung, in welcher Weite das menschliche Auge noch die Fixsterne erreiche, war an sich von großem Interesse; sie war auch wichtig für die Untersuchung über die raumdurchdringende Kraft, und der darauf gegründeten Lehre von der Ausmessung des Himmels, welche in dem ersten Buch entwickelt worden. Sie war eine der letzten Arbeiten Herschels; er hinterließ uns gleichsam den Maß-

*) S. Anmerkung 4.

stab, womit wir die Steigerung messen konnten, auf die er die Kraft des menschlichen Auges gehoben.

Die Methode, nach welcher Herschel die raumdurchdringende Kraft des Auges bestimmt hat, nennt er die Methode der Gleichstellung des Sternlichts. Aus 10 höchst vollendeten Spiegeln wählte er zwey aus, von gleichem Durchmesser und gleicher Brennweite, und setzte sie in das Stativ eines 7füßigen Spiegel-Teleskops. Daß sie beyde an Kraft gleich seyen, davon überzeugte er sich auf folgende Weise; beyde richtete er, bey gleicher 118facher Vergrößerung, nach einem und demselben Stern, z. B. nach Arcturus, und fand, daß er sich in beyden Teleskopen gleich hell zeigte; andere Sterne thaten desgleichen; die beyden Fernröhren waren eines etwas vor dem andern gestellt, daß nicht mehr als 1 Sekunde Zeit erfordert wurde, von einem zu dem andern zu kommen. Der Lichteindruck des zweyten muß so schnell als möglich auf den des ersten Teleskops folgen, und leicht wiederholt und gewechselt werden können, damit der Vortheil, den der letzte Eindruck von Helligkeit hat, ersetzt würde.

Sodann berechnete Herschel eine Reihe kreisförmiger Blendungen, vermittelst welcher die absolute Lichtmenge, die der eine von den Spiegeln empfing, auf $\frac{1}{4}$, $\frac{4}{9}$, $\frac{9}{25}$, $\frac{16}{49}$ u. s. f. vermindert *) werden konnte, während der andere Spiegel seine volle Oeffnung behielt. Bey dieser Berechnung der Lichtverminderung nahm Herschel, der Genauigkeit wegen, auch auf den Arm, der den kleinen Spiegel des Newtonischen Fernrohrs trägt, Rücksicht. Er wählte auch keine andern kleinern Blendungen, weil die falschen Durchmesser der Sterne dadurch afficirt werden; wie er sich selbst durch Beobachtungen am Arcturus überzeugte. Mit dem Fernrohr ohne Blendung wird der Stern beobachtet, den man mit einem andern hellern vergleichen will; das andere Fernrohr erhält die Blendung, und der hellere durch dieß lichtschwächere Fernrohr betrachtete muß ganz genau so hell erscheinen, als der andere Stern ohne Blendung betrachtet. So einfach diese Methode scheint, ist sie doch mit großen Schwierigkeiten verbunden. Die Helligkeit eines Sterns ist bedingt durch seine Lage am Himmel wegen der Helligkeit des ihn umgebenden Ramens. Wenn die Sonne tief unter dem Horizont ist, mag nur erforderlich seyn, daß die zu vergleichenden Sterne einerley Höhe haben; bey großen Höhen mag einiger Unterschied darin wohl zugelassen werden; stehen sie aber weit auseinander, so muß die gleiche Beleuchtung des Himmelstheils, an dem sie stehen, und gleiche Klarheit der Luft in Betracht kommen.

Folgende Gleichstellungen des Sternlichts im 7füßigen, mit

---

*) S. Anmerkung 5.

und ohne Blendung, stellte Herschel im August und December 1803 und Februar 1814 an.

Arctur wurde als Vergleichungspunkt zu Grund gelegt. Durch die Blendung wurde die Lichtstärke des Fernrohrs, womit er betrachtet wurde, auf 1/4 vermindert. Mit dem andern Fernrohr ohne Blendung (Herschel nennt es das gleichstellende) wurde der Stern (β) im Stier betrachtet; er war nicht so hell als Arctur, auf den 4ten Theil seines Lichts zurückgeführt. Das Licht von (α) Andromeda war fast gleich dem (verminderten) des Arcturs, in einer andern Nacht wurde es gleich gefunden. Daraus folgt: wäre Arctur noch einmal so weit von uns entfernt als er ist, so würde er so hell erscheinen als α Andromeda; denn noch einmal so weit entfernt würde er 4mal weniger Licht ins Auge senden (wie er thut, betrachtet mit dem Spiegel, geblendet auf 1/4 seiner Lichtmenge); Andromeda, ein Stern zweyter Größe, ist also wahrhaftig ein Stern in der 2ten Ordnung der Distanz (vorausgesetzt, daß der Stern als solcher ganz gleich ist dem Arctur). Auf gleiche Weise verhielten sich der Polarstern, γ großer Bär, und δ in der Kassiopeja. — Nachdem auf diese Weise Sterne von der zweyten Ordnung gefunden worden, so wurden sie selbst nun als Vergleichungspunkte gewählt; so ergab sich, daß α Andromeda, vermittelst einer Blendung auf 1/4 ihres Lichts zurückgebracht, so hell erschien als μ im Pegasus, betrachtet durch das andere Teleskop ohne Blendung. Daraus folgt: würde α Andromeda noch einmal so weit entfernt von uns, als sie ist, so würde sie so hell erscheinen als μ Pegasus: da nun α Andromeda in die zweyte Ordnung der Distanzen gehört, so gehört μ Pegasus in die 4te. — Jetzt wurde μ Pegasus der Vergleichungspunkt; auf ein Viertel seines Lichts reducirt war er noch so hell als 9 Pegasus; dieser ist also zweymal weiter entfernt, also 8mal so weit als Arctur.

Herschel fing ähnliche Vergleichungsreihen mit andern Sternen an. Wenn Capella zu Grund liegt, so wird man sie mit 1/4 ihres Lichts β Fuhrmann und β Stier gleichstellen. Mit 1/4 Licht des β Stier erhält man eine Gleichstellung mit ζ Stier und ι Fuhrmann. Mit 1/4 Licht von ι Fuhrmann erhält man Sternlicht e Perseus und H Zwillinge; 16/25 Licht von H Zwillinge wird gleich dem Licht von d Zwillinge; diese Sterne sind also von folgender Distanz:

	Sterne	Distanz
	Capella	1
	β Fuhrmann	2
*	β Stier	2
	ζ Stier	4
*	ι Fuhrmann	4
	e Perseus	8
*	H Zwillinge	8
*	d Zwillinge	10

Oder vielmehr, würde die Capella 2, 4, 8, 10mal weiter von uns entfernt, so würde sie uns erscheinen wie die Sterne β Stier, ζ Stier und so fort. Eine und dieselbe Reihe erhielt Herschel durch Vergleichung mit dem Stern Wega für die mit * bezeichneten Sterne.

Die Resultate, welche man so mit verschiedenen zu Grund gelegten Sternen erhält, können mit einander in Verbindung gesetzt werden, dadurch ergeben sich Reihen, die einander wechselseitig unterstützen. Capella zum Beyspiel mit $^{36}/_{49}$ ihres Lichts ist an Helligkeit gleich dem Procyon; Siriuslicht $^{16}/_{49}$ ist ebenfalls gleich Procyon; daraus leiten wir das Verhältniß der Distanzen zwischen Sirius und Capella ab. Es ist nämlich Capella von der Ordnung $1^1/_2$ in Beziehung auf Sirius, und wir erhalten die Reihe Sirius 1; Capella $1^1/_2$; Procyon $1^3/_4$; β Stier 3; ι Fuhrmann 6; H Zwillinge 12; d Zwillinge 15. Auf solche Weise verbindend die zu Grund gelegten Sterne, kommen wir zu einer Vergleichung des letzten Sterns (hier d Zwillinge) mit ihnen allen, und je mehr ihrer sind, desto wahrscheinlicher ist das Ergebniß. Nun ist d Zwillinge ein Stern 6ter Größe, es gibt vielleicht noch zärtere, dem bloßen Auge sichtbare Sterne; doch wird man annehmen können, ohne wesentlichen Irrthum (den übrigens ein fleißiger Astronom durch Beobachtung verbessern wird), daß die natürliche Kraft des unbewaffneten Auges noch Sterne von der 12ten Ordnung der Distanzen erreiche. — Der vereinigte Glanz zahlloser oder vieler vereinigter Sterne erreicht aber noch das Auge, obgleich die einzelnen Sterne nicht mehr sichtbar sind; z. B. die Milchstraße; der helle Fleck im Degengriff des Perseus; der Sternhaufen nördlich von η und H Zwillinge, südlich von Nro. 6 und 9 im Adler; südlich η Herkules; und nordwestlich von ε Pegasus; dazu kommen noch Gegenstände anderer Art, der Orionsnebel, und die Nebel im Gürtel der Andromeda.

Die Tiefe jedes einzelnen Sterns im Himmel, der nämlich einerley Wesen hat mit dem zu Grunde gelegten, kann also auf diese Weise bestimmt werden, indem man die Reihen fortsetzt.

Um die Tiefe eines Sterns in einem Sternhaufen zu bestimmen, reicht der Gebrauch des 7füßigen nicht durchgängig zu, weil sie zu weit entfernt, auch nicht die Vergrößerung, weil die Sterne so nahe beysammen stehen und so gedrängt sind, daß sie nicht als einzelne erscheinen, ohne stärkere Vergrößerung. Herschel verläßt also diesen Weg, gebraucht nicht mehr zwey gleiche Fernröhren, welches unmöglich, (da zwey 20füßige, oder gar zwey 40füßige erforderlich wären) auch nicht zwey Fernröhren von verschiedener Kraft, die ihnen schon ohne angebrachte Blendung eigen ist; sondern Ein Fernrohr und das unbewaffnete Auge indem er die Erscheinung des Sterns im Fernrohr vergleicht mit der Erscheinung irgend eines Sterns 12ter Entfernung, oder eines Sterns, den das bloße Auge eben noch sieht; das heißt, ist ein Stern im Fernrohr eben just noch sichtbar, so ist seine Distanz um so vielmal größer als die eines Sterns 12ter

Distanz (der eben just noch dem bloßen Auge sichtbar ist), um so vielmal die raumdurchdringende Kraft des Fernrohrs größer ist, als die raumdurchdringende Kraft des Auges. Unter dieser Voraussetzung also der Identität der Wirkung des Auges und des Fernrohrs — sind die im ersten Buch gegebenen Bestimmungen ausgemittelt worden. In der Anmerkung *) sind einige Andeutungen und Folgerungen gegeben, in Beziehung auf die Untersuchung, mit der wir uns beschäftigen.

(3) Die Umstände, welche auf die Kraft des Fernrohrs beschränkend wirken, sind Gegenstände mannichfacher Untersuchung für Herschel geworden. Die Erscheinung der falschen Durchmesser bey Sternen war auffallend, sie zeigte sich so bestimmten Gesetzen unterworfen, daß er sie selbst zu mathematischen Bestimmungen gebrauchte (wie in dem zweyten Buch bey den Doppelsternen berichtet ist). Sie nahmen mit der Vergrößerung ab; vielleicht waren $^{59}/_{60}$ daran unächt. Der Grund und die Eigenthümlichkeit dieser Erscheinung wurde erst später und vollständiger in der Abhandlung vom 6ten December 1804 entwickelt. Es sind zwey Betrachtungen, welche diese Erscheinung in ihrer beschränkenden Kraft darstellen, die eine in Rücksicht auf die Deutlichkeit des Sehens, die andere wegen der Messung sehr kleiner Gegenstände. Es ist klar, daß, wenn ein leuchtender Punkt, z. B. ein Stern, einen falschen Durchmesser von Einer Sekunde hat, ein anderer ihm naher, der nur ¼ Sekunde von ihm entfernt ist, von seinem falschen Durchmesser bedeckt, also nicht abgesondert erblickt werden kann; die Gegenstände fließen in einander. Herschel hat bey der Beobachtung der Doppelsterne, diesem Uebelstand unbesorgt die ungeheuren Vergrößerungen entgegengesetzt, mit denen er seine Teleskope waffnete, und die auch in der That, so bewaffnet selbst wie der 7füßige, nur bey einer raumdurchdringenden Kraft von 20, 25 wirksam waren. Darum nahm er auch die Frage wegen der Undeutlichkeit und ihrem Wesen nie in Untersuchung, sondern sprach sich über die starken Vergrößerungen aus, wie weiter unten noch vorkommt.

Die andere Betrachtung dagegen, die sich auf die Messung sehr kleiner Gegenstände bezieht, war zu wichtig, da die Entdeckung der so übermäßig kleinen Asteroiden, in unserer Nähe, sie nothwendig in ganzer Genauigkeit und Zuverlässigkeit entwickeln mußte. Folgendes ist die Analyse der oben angeführten Abhandlung, welche dieser Untersuchung gewidmet worden.

Herschel stellt zuerst Versuche an, um den kleinsten Winkel, den seine Teleskope noch in verschiedenen Vergrößerungen zu erkennen geben, oder einen Gegenstand, den sie, wenn er dem bloßen Auge unter einem solchen Winkel erscheint, noch

*) S. Anmerkung 6.

sichtbar machen, zu bestimmen. Die Methode besteht darin, daß er kleine Kügelchen, von verschiedenem Stoffe, Glanz und Farbe, und äußerst kleinem Durchmesser in bestimmten Entfernungen von 2407,85 Zoll und 9620,4 Zoll aufstellt, der Beleuchtung der Sonne oder des Tageslichts, auch einer Lampe aussetzte, und sie mit dem Teleskop betrachtete; die Distanzen der Kügelchen vom Mittelpunkt des Spiegels, die Vergrößerung des Spiegels in solcher Distanz, die Messung der Durchmesser der Kügelchen mit dem Mikroskop wurden mit der größten Sorgfalt bestimmt. Er bediente sich Stecknadel-Knöpfe, Kügelchen von Siegellack, Silberkügelchen durch Schmelzung eines Silberdraths von $\frac{1}{305}$ und $\frac{1}{340}$ Zoll erhalten, von Pech, Wachs und Schwefel.

Die Resultate gibt Herschel auf folgende Weise an. Aus dem ersten Versuch (mit Stecknadelknöpfen) ergibt sich, daß ein Gegenstand, dessen Durchmesser 0,0425 Zoll beträgt, leicht in dem 10füßigen Teleskop gesehen werden kann, als rund, wenn der vergrößerte Winkel, unter dem er (bey 38,15facher Vergrößerung) erscheint, 2′ 18″,9 beträgt, eine stärkere Vergrößerung zeigt Theile desselben, die nur 0,364 Sekunden im Winkel haben. — Aus dem zweyten Versuch (mit Kügelchen von Siegellack) erhellt, daß bey einem Kügelchen von 0,00763 Zoll im Durchmesser, von einem Stoff, der nicht viel Licht reflectirt, der vergrößerte Winkel 4 bis 5 Minuten seyn muß, bis er als rund erscheint; das bloße Auge sieht es dann unter einem Winkel von 0,653 Sekunden. — Aus dem dritten Versuch (mit Silber-Kügelchen) ergibt sich, daß das Teleskop mit 522,7 Vergrößerung einen Gegenstand, der nur unter einem Winkel von 0,484 Sekunden dem bloßen Auge erscheint, so groß zeigt, daß man noch Viertel seines Durchmessers unterscheiden kann. — Im vierten Versuch wurden vergleichungsweise Kügelchen von Silber, Siegellack, Pech, weiß Wachs, und Schwefel beobachtet. Mit derselben Vergrößerung konnte man noch Gegenstände unterscheiden, deren wahrer Durchmesser für das unbewaffnete Auge 0,247 und 0,326; 0,228; 0,207 Sekunden betrug; bey den wenig reflectirenden Schwefelkügelchen zeigte sich der Einfluß des Hintergrunds, auf dem sie erschienen; das von 0,207 Sekunden war unsichtbar, wenn sein Hintergrund die Atmosphäre war; wurde dunkles Papier einige Zolle hinter dasselbe angebracht, so ward es sichtbar. — Aus dem fünften Versuch ergab sich — bey einer noch größern Entfernung der Kügelchen — daß die wahren Durchmesser 0,999; 0,311; 0,45; 0,139; 0,089 (mit 759,7facher Vergrößerung) 0,279 (mit 223facher Vergrößerung) 0,17 (mit 415,7facher, und sehr schönem Wetter) 0,134 (mit neuem zehnfüßigem, und 540facher Vergrößerung) dem bewaffneten Auge sichtbar wurden.

Herschel zieht sodann aus seinen Beobachtungen über die

Doppelsterne einige Schlüsse über die falschen Durchmesser der Sterne, und begleitet sie mit Anmerkungen. — Die Existenz derselben im siebenfüßigen war schon bey 280facher Vergrößerung z. B. bey Arcturus, bey ζ im großen Bären und andern Sternen klar; diese falschen Durchmesser erscheinen sehr rund und gut begränzt, sie sind größer als die wirklichen Durchmesser. — 2) Sie sind für verschiedene Sterne verschieden, aber unter denselben Umständen von bleibendem Wesen. — Sie sind in verschiedenen Teleskopen verschieden — im 3½ füßigen Dollond'schen Achromat fand er sie größer. Sie sind verschiedenfarbig, aber bleibend. — Sie nehmen bey Zunahme der Vergrößerung ab, und umgekehrt — die vergrößernde Kraft wirkt verschieden auf die verschiedenen Durchmesser; geringer auf die größern, stärker auf die kleinern falschen Durchmesser. — Bey Verkleinerung der Oeffnung eines und desselben Teleskops nimmt der falsche Durchmesser zu, und umgekehrt; die Zunahme und Abnahme bey Veränderung der Oeffnung ist den Durchmessern der Sterne nicht proportionirt. — Sie wirkt mehr auf kleinere Sterne. — Aeußerst kleine Sterne verlieren den falschen Durchmesser und werden nebblig. — Mancherley Umstände haben auf die Erscheinung der falschen Durchmesser Einfluß: als da nebliger Duft, tiefer Stand am Himmel, des Augenglases, Reflex von dem 2ten Spiegel. Mit gehöriger Beachtung derselben bleibt der Satz oben 2) fest stehen.

Herschel findet die Erscheinung der falschen Durchmesser auch auf den kleinsten irdischen Gegenständen, seinen Silberkügelchen und Quecksilbertropfen auf, und sucht die Gesetze derselben mit denen bey den kleinsten himmlischen Gegenständen, den Sternen (die eben angeführt worden), in Uebereinstimmung zu bringen. Mehrere Silberkügelchen wurden auf einen Pfosten befestigt (ehe sie rostig wurden), wo die Sonne sie beschien. Mit dem Teleskop gewahrte man auf ihnen eine leuchtende Erscheinung, die wie der falsche Durchmesser eines Sterns aussah. Man konnte diesen hellen Fleck von dem wirklichen Durchmesser des Kügelchens vollkommen gut unterscheiden, er war viel geringer. Es ist also hier das Umgekehrte als bey Sternen. — Diese hellen Punkte waren bey größern Kügelchen größer. — Sie spielten Farben eines schönen Purpurs, Orange, ein großes war strohfarb, ein kleines blaß aschfarbig, die meisten bläulich weiß. — Sie nehmen zu und ab bey der Veränderung der Vergrößerung; davon versicherte sich Herschel dadurch, daß er vermittelst näheren Aneinanderrückens derselben einen künstlichen Doppelstern hervorbrachte, und dann die scheinbare Distanz in Durchmessern der hellen Flecken bey verschiedenen Vergrößerungen schätzend maß. — Die Zu- und Abnahme derselben steht auch nicht im Verhältniß der Verände-

änderung der Vergrößerung. — Die Gesetze über den Einfluß verschiedener Oeffnungen des Teleskops sind wie bey Sternen; hier änderte Herschel die Oeffnung, indem er entweder von Außen herein (an dem Rand) den Spiegel bedeckte, oder von Innen, (vom Mittelpunkt aus) — diese hellen Flecken verlieren sich mit der Beleuchtung, ändern aber nicht ihre Größe; die bloße Helligkeit der Atmosphäre am heitern Tag bringt sie hervor, obgleich die Sonne eigentlich die Ursache ist. — Sie verändern ihren Durchmesser unter mancherley Umständen, als da Aenderung in der Richtung der Beleuchtung, da man nicht annehmen kann, daß sie auf allen Punkten gleich und gleich polirt sind oder vollkommen sphärisch.

Aehnliche Erscheinungen zeigten die Quecksilber-Tröpfchen, aus denen auch künstliche (irdische) Doppelsterne gemacht wurden, in dem man sie auf Glas oder Stahl hinter einander (sonst laufen sie zusammen) setzte. Ihre hellen Flecken sind glänzender, und nicht so genau mit dem Durchmesser der Tropfen proportionirt. Bey einigen großen machten sie nur 1/30 oder 1/40 des wahren Durchmessers aus.

Herschel mißt die falschen Durchmesser der irdischen Kügelchen, und gibt ein Kriterion an, wie man überhaupt die falschen Durchmesser unterscheiden könne. Er verschaffte sich 11 weiße Kreise auf schwarzem Grund, und 11 schwarze auf weißem Grund, von verschiedenen, in einer Reihe fortschreitenden Größen, und befestigte sie auf einem Brettchen 154 Zoll vom Auge entfernt. Zur Probe der Genauigkeit verglich er Nro. 1 von den schwarzen mit Nro. 6 von den weißen, und fand sie nach der Schätzung etwas größer; die unmittelbare Messung gab die Durchmesser 0,40 und 0,39 Zolle. — Auch überzeugte er sich, daß die Beleuchtung der Kügelchen, ob sie sich nämlich auf weißem oder schwarzem Grund hoben, keinen Einfluß auf ihren Durchmesser hatten, vermittelst mikroskopischer Messungen. — Nach diesen Vorkehrungen fand er folgende Resultate der Messungen des falschen Durchmessers, eines Kügelchens bey verschiedenen Oeffnungen seines 10füßigen Teleskops, und 522,7 facher Vergrößerung:

Oeffnung des Teleskops.	Durchmesser, unter welchem der helle Fleck erscheint.
8,8 Zoll	0,31 Zoll
6,3	0,355 — 0,40
5,	0,40
4,	0,42
3,	0,465 beynahe
ringförmig von 6,5 bis 8,8	0,18 genau
ringförmig von 4 bis 6,5	0,22
— — 1,6 bis 4	0,42

Daraus ergibt sich unmittelbar, daß nicht die Lichtmenge, die der Spiegel gibt, den falschen Durchmesser bestimme, sondern bestimmte Theile des Spiegels. Die Lichtstrahlen vom innern Spiegel vergrößern, die äußern allein verkleinern mehr, als wenn die inneren dabey sind. — Er machte noch eine Messung der Art, und theilte seinen Spiegel von 0 bis 4,4, und 4,4 bis 8,8 und fand den falschen Durchmesser des Kügelchens 0,40; mit den innern; 0,31 mit der ganzen Oeffnung; 0,22 mit den äußern ringförmigen. Es scheint als hielten die Durchmesser eine arithmetische Progression. — Diese Wirkung der verschiedenen Theile des Spiegels auf die falschen Durchmesser ist nun das gefundene Kriterion für die falschen Durchmesser. — Er machte unmittelbar Anwendung davon auf terrestrische und himmlische kleinste Gegenstände. Zwey Silber-Kügelchen, ohne vorher ihren Durchmesser und ihre Entfernung von einander gemessen zu haben, stellte er auf den Pfosten, und betrachtete sie mit 522,7facher Vergrößerung; sie sahen aus wie zwey horizontalliegende Halbmonde, auch sah man ziemlich deutlich ihre nicht beleuchtete Hälfte. Er schätzte den Zwischenraum zwischen den Hörnern der beyden Kügelchen auf ¼ Durchmesser des größern; die mikroskopische Messung gab für den Durchmesser des größern 0,0312 Zoll; ¼ dieses Durchmessers ist 0,0078; die mikroskopische Messung gab für die Distanz der Kügelchen 0,0111. Die Schätzung ist bis auf 1/300 Zoll genau. Eine ähnliche Schätzung bey größerer Entfernung der Kügelchen war noch genauer; sie gab 0,0247 statt 0,02608. — Die Anwendung des Kriterions zeigte wirklich, daß diese Halbmonde keinen falschen Durchmesser hatten. — Arktur, betrachtet mit den äußern Strahlen, mit dem ganzen Spiegel mit den innern Strahlen, erschien mit immer größerm falschen Durchmesser; und so viel man aus dem Gedächtniß urtheilen kann, standen sie in arithmetischem Verhältniß. — Mit 410,5facher Vergrößerung wurde der Doppelstern α Zwillinge beobachtet; seine Sterne erschienen mit den äußern Strahlen des Spiegels beträchtlich ungleich, und 1¼ Durchmesser des größern auseinander; mit dem ganzen Spiegel, mehr ungleich 1½ auseinander; mit dem innern sehr ungleich 1⅞ auseinander.

Das Ergebniß obiger Beobachtungen und Versuche faßt Herschel in folgende Punkte, sie sind als Zeugnisse über die Kraft der Teleskope, die kleinsten Gegenstände zu erkennen, oder kürzer über die mikroskopische Kraft der Teleskope anzusehen. 1) Das zehnfüßige auf Newtonische Weise gebaute Teleskop zeigt irdische und himmlische Gegenstände, deren wahrer oder falscher Durchmesser ¼ Sekunde beträgt, unter den günstigsten Umständen so deutlich, daß man noch die Hälfte oder Drittel schätzen kann. — 2) Um solch einen Gegenstand als einen runden gut begränzten Körper zu se-

hen, ist eine 5—600fache deutliche Vergrößerung erforderlich. 3) Der ächte Durchmesser von ⅓ Sekunde, wird bey solcher Vergrößerung größer, dadurch unterscheidet er sich vom falschen, der nicht in demselben Verhältniß zunimmt. 4) Das Kriterion, ob ächt oder falsch, ist die verschiedene Wirkung der innern und äußern Strahlen des Spiegels; bey Gegenständen aber nur, die größer als ¼ Sekunde sind. 5) Bey kleinern Gegenständen, zum Beyspiel auch bey den Asteroiden, ist die Unterscheidung nicht möglich; weil die Vergrößerung sie nicht mehr rund und gut begränzt zeigt. 6) Aehnliches gilt für andre Instrumente; statt ¼ Sekunde kann ein größerer oder kleinerer Durchmesser genommen werden müssen, nach der Vollkommenheit des Instruments. Desselben Instruments Wirkung hängt auch ab von der Klarheit der Atmosphäre, der Beschaffenheit, und der Berichtigung der Spiegel, und den praktischen Fertigkeiten des Beobachters.

(4) Welchen Einfluß hat die Witterung auf die Wirkung eines Spiegel-Teleskops?*) „Wie viel Erfahrungen muß derjenige gemacht haben, der wie Herschel fast ein halbes Jahrhundert Beobachtungen mit verschiedenen Werkzeugen von der höchsten Vollkommenheit angestellt hat, unter den verschiedensten Einflüssen der Jahreszeit der Witterung.“ Die Erfahrung, sagt er, kann mich, wie ich glaube, in den Stand setzen, die Hauptursache des Mißlingens unserer Beobachtungen anzugeben; keine Meynung wagt er, die nicht durch Thatsachen begründet ist. Er gibt eine Reihe von Bemerkungen aus seinen Tagebüchern, nach Aufschriften geordnet, z. B. Feuchtigkeit, Nebel, Frost, Reifen, trockene Luft, Wind, Nordlicht, Nebel und Wolken, beschränkte Aussicht, welches Alles sich als Hinderniß des guten Sehens durchs Teleskop ankündigt; faßt aber die Resultate in folgendes allgemeine Prinzip oder Satz. Um mit Teleskopen gut sehen zu können, ist erforderlich, daß die Temperatur der Atmosphäre und des Spiegels gleichförmig sey, und die Luft mit Feuchtigkeit erfüllt (beladen). — Einige Beobachtungen zur Bestätigung, theils auch wegen der Merkwürdigkeit von besonderm Interesse, sind folgende. Wechsel der Temperatur, oder noch nicht festes, kaltes oder wildes Wetter hindern; so sah Herschel in der Kälte die Sterne oft zittern, ja bey vollkommen ruhigem Wetter ganz unerwartet äußerst tanzen; in andern Fällen sah er vortrefflich, während das Eis den Tubus bedeckte, der Hauch und die Füße an den Boden froren; ein andersmal, als in der Nacht die Tinte (4 Uhr Morgens 1ten Jan. 1783) gefroren war, und um 5 Uhr der 20füßige Spiegel mit einem Knall in zwey Stücken borst, waren die fein-

*) S. Anmerkung 7.

sten Beobachtungen gelungen. Die ungleiche Temperatur der höhern und niedern Luftschichten kommt hiebei in Betracht. — Ein Teleskop, der eben aus dem Zimmer kommt, wirkt nicht gut — daher feine Beobachtungen mit starken Vergrößerungen nicht gelingen, wenn man durch eine Thüre, ein Fenster, eine Ritze im Dach einer Sternwarte sieht, oder selbst in eingeschlossenem Raum — daher windiges Wetter im Allgemeinen dem deutlichen Sehen nicht günstig ist, weil es eine Mischung von Luft verschiedener Temperatur hervorbringt, die Durchmesser der Sterne erscheinen größer, jeder sieht aus wie ein kleiner Planet. — Daher ein Nordlicht nur dann störend wirkt, wenn es die verschiedene Luftschichten verschieden temperirt: denn bisweilen hat es keinen Einfluß wie selbst bey 460facher Vergrößerung Herschel ganz gut Sterne sah, die dem Auge, vom Nordlicht bedeckt, kaum mehr sichtbar waren; vielleicht etwas weniger hell sind immer bey Nordlicht die Sterne. — In der Nähe des Dachs von einem Hause, sieht man darum nicht gut, weil die Ausdünstung des Dachs die Temperatur afficirt — das Wetter scheint oft sehr schön, und doch wirkt das Teleskop nicht gut; dieß kann in Trockenheit liegen, von Ostwind erzeugt, oder von Temperatur-Wechsel, der von Strömungen und Bewegungen in den höhern Luftschichten herrührt. Trockene Luft ist nicht passend. — Im Gegentheil ist Dunst und Duft günstig dem deutlichen Sehen, selbst Nebel, wo man kaum auf 40 Fuß weit sah, der gewiß ein Zeichen von Ueberfluß an Feuchtigkeit ist; selbst wenn der Beobachtungs-Ort mit Wasser umgeben ist, hat es nichts auf sich. Vielleicht dürfte man daher, bey Errichtung eines astronomischen Gebäudes, gegen Oerter, die bisweilen überschwemmt werden, gegen die Nähe eines Flusses, Teichs, oder andere, gemeinhin feuchte Plätze nicht gerade Einwendungen machen. Bisweilen nehmen allerdings die Nebel so zu, daß sie die Gegenstände unsichtbar machen, allein man sieht Sterne deutlich bis auf den Augenblick des Verschwindens. Herschel rühmt als gute Nächte, wo der sich verdichtete Dunst stromweise den Tubus herabfloß; das Objectivglas des Finders mußte immer abgewischt werden, der Spiegel blieb trocken, der Boden war so feucht, daß die Leute des Morgens glaubten, es habe die Nacht stark geregnet; bisweilen waren die Felder der Gemeinde vor dem Garten unter Wasser; Dunst rann herab am Teleskop, kein Lüftchen rührte sich, doch sah man vortrefflich. — Den Einfluß der erwärmenden Sonnenstrahlen — bey Sonnenbeobachtungen — auf die Brennweite des Spiegels, und auf die Regelmäßigkeit seiner Gestalt, erläutert er endlich durch Beobachtungen und besonders angestellte Versuche. Der Metall-Spiegel des 10füßigen bey Sonnenbeobachtungen — wenn nicht gerade die starke Kälte auf entgegengesetzte Weise wirkte, verlängerte z. B. den 9ten Nov. 1802 um

12 Uhr den Focus um 15hundertel Zoll, nach dem er eine Minute der Sonne ausgesetzt gewesen; ein andermal nach Schätzung um acht Hundertel; der Glasspiegel des 7füßigen verkürzte sich um 18hundertel bis 21, dieß um Mittag ungefähr in Einer Minute; seine Gestalt ward verzerrt, die Brennpunkte der innern und äußern Strahlen waren beträchtlich verschieden, obgleich durch Beobachtungen an Sternen seine streng parabolische Gestalt entschieden war.

Die Versuche sind folgende: der eiserne Cylinder (der bey den nachher zu erwähnenden Untersuchungen über die Wärme vorkommt) wurde 2¼ Zoll hinter den Glasspiegel des 7füßigen gestellt, während er im Tubus lag; eine gänzliche Confusion aller Brennpunkte trat ein, so daß die Buchstaben auf einer gedruckten (Visiten-) Karte, welche vorher äußerst deutlich waren, unleserlich wurden. In 15 Sekunden war der Focus verkürzt um 2,3 Zoll; in 30 um 3,47 Zoll; nach Verlauf einer Minute um nicht weniger als 4,59; als das Eisen ¾ Zoll von der Rückseite abstand, stieg in 1½ Minute die Verkürzung um 5,33; eine gemäßigtere Hitze, 3 Zoll vom Spiegel, verkürzte in Einer Minute den Spiegel um 2,83 Zoll. Ein Thermometer in Berührung mit der reflectirenden Fläche stieg nicht — so viel man bemerken konnte — während dieser Veränderungen. — (Ein höchstmerkwürdiges Beyspiel für die beobachtende Physik, das wohl als ein Prinzip für den praktischen Experimentator aufgeführt werden könnte. Das Instrument, das eigentlich direct und seiner Bestimmung nach die Veränderungen der Wärme angeben sollte, war ziemlich unwirksam; der veränderte Körper in eine andere Sphäre gebracht und in Beziehung auf die Gesammtveränderungen, die er erleidet, namentlich hier die mathematische Gestalt als abspiegelnder, entschied auf das Deutlichste über die Größe der wirkenden Kraft.) — Derselbe Versuch wurde nun so angestellt, daß an der vordern Seite des Spiegels ein kleiner, eiserner, erhitzter Ball aufgehängt wurde, in 1½ Zoll Entfernung; in 2 Minuten war der Focus verlängert um 5,3 Zoll, die Gestalt verzerrt; die Buchstaben unleserlich; noch wärmeres und näheres Eisen verlängerte um 1,64 Zoll in 1 Minute: als das Eisen entfernt worden, kehrte er in 1 Minute bis 18/100 seiner vorigen Focallänge zurück, am Ende der zweyten, schien er ganz wieder hergestellt. Aber Undeutlichkeit blieb noch lange zurück. — Beyde Versuche wurden mit einem Metallspiegel gemacht, an der Rückseite erwärmt, wurde der Brennpunkt in 30 Sekunden um 0,77 Zoll kürzer, in den darauf folgenden 30 Sekunden wurde er 0,3 länger, war also nach Verlauf einer Minute um 47Hundertel kürzer. — Als die kleine eiserne Kugel erhitzt vor dem Spiegel aufgehängt worden, verlängerte er sich in einer Minute um 0,27 Zoll; auch hier wie vorhin waren alle Brennpunkte gestört; starke Vergrößerung wirkte nicht; als das Eisen fast rothglühend war,

verlängerte sich der Focus in 30 Sekunden um 1,48 Zoll, doch war bey Hinwegnahme des Eisens, die Regularität der Gestalt nach 5 Minuten ziemlich wieder hergestellt; bey mäßiger Hitze betrug die Verlängerung in 30 Sekunden 0,57 Zoll, und nach 1½ Minuten war wieder Deutlichkeit des Sehens da. — Diese Versuche sind also analog mit den Beobachtungen über die Erwärmung durch Sonnenlicht. Die Erfahrungen bey dem Mercursdurchgang, welche eben zu dieser Untersuchung Veranlassung gaben, stimmen mit überein; die Versuche mit dem heißen Eisen, ist zu bemerken, sind darin von der Wirkung der Sonne verschieden, daß die Wärme nicht gleichförmig auf der Fläche des Spiegels wirkte. — Der Grund warum die Sonnenstrahlen den Focus des Glasspiegels verkürzen, während sie den des Metallspiegels verlängern, ist nicht einzusehen — wie man diesem nachtheiligen Einfluß begegnen könne, finden sich keine weiteren Andeutungen von Herschel selbst.

(5) Die Gefahr oder das Bedenkliche starker Vergrößerungen *) betrachtet Herschel in besondern Abhandlungen, womit sich die an vielen Stellen seiner Schriften zerstreute Bemerkungen vereinigen. Die ungeheuren Vergrößerungen, von denen vorher nie eine Ahnung da war, welche Herschel bey Doppelsternen angewandt, und in seinen Abhandlungen aufgeführt hatte, scheinen einige Veranlassung zu Bedenklichkeiten gegeben zu haben; er richtete daher an Sir Joseph Banks die Abhandlung „gegen einige Zweifel in Betreff der starken (von Herschel gebrauchten) Vergrößerungen." **) Er beschreibt die Methode, mit der er aufs Neue die vormals anders bestimmten Vergrößerungen untersucht habe, sie ist folgende: der Brennpunkt der am wenigsten vergrößernden Augenlinse wurde vermittelst der Sonne mehrmals gemessen, und das Mittel war 1,04 halbe Zolle; die Brennweite des 7füßigen Spiegels auf Sterne ist 170,4 halbe Zolle; daraus ergibt sich die kleinste Vergrößerung $^{170,4}/_{1,04}$ gleich 163,8fach. Mit dieser Linse betrachtete nun Herschel eine fest ausgespannte Messing-Saite, die sich nicht umdrehen konnte, indem er so nahe als möglich das Auge an dieselbe hielt, genau 8½ Zoll von der Saite fing er das auf weißes Papier sich werfende Bild dieser Saite auf, und maß dasselbe mit einem guten Cirkel. Ebenso verfuhr er mit den übrigen Linsen; für starke Vergrößerung war die erste Saite zu dick, er nahm also eine andere, die 4,37mal dünner war als die erste; dieß ergab sich daraus, daß mit einer und derselben Linse das Bild der erstern und der dünnern Saite gemessen wurde. Folgende Tafel gibt das Einzelne der Messungen.

*) S. Anmerkung 8.
**) S. Anmerkung 9.

Messungen Herschels um die Vergrößerungen an sein 7füßiges Fernrohr zu bestimmen.

Vergrößerungen nach anderer Methode gemessen.	Größe des Bildes einer Saite in 400 Theilen eines Zolles.	Mittel daraus.	Daraus hergeleitete Vergrößerung.
146	77 78 78 78	$77^3/_4$	165,86 $= {}^{170,4}/_{1,04}$
227	119 119 119 119	119	250,7
278	143 143 144 143	$143^1/_4$	301,8
460	236 236 235 236	$235^3/_4$	496,7
	eine kleinere Saite 53 54 55 54	51	
754	83 85 84 85	$84^1/_4$	775,1
932	107 107 107 108	$107^1/_4$	986,7
1159	128 128 129 128	$128^1/_4$	1179,9
1536	Eine vortreffliche Linse, die vor etwa 8 Monaten verloren ging.		
2010	236 236 238 236	$236^1/_2$	2175,8
3168	281 283 281 280	$281^1/_4$	2585,5
6450	635 625 630 626	629	5786,8

Die erstere Methode, nach welcher er die Vergrößerungen bestimmt, und in seiner Abhandlung über die Doppelsterne aufgeführt hatte, ist die sonst übliche mit beyden Augen. Im Jahr 1776 betrachtete er mit der kleinsten Vergrößerung einen auf einem Pfosten angebrachte Marke von weißem Papier, genau einen halben Zoll im Durchmesser, von der größten passenden Entfernung aus. Senkrecht auf die Richtung des Gegenstandes (weil im Newtonischen Teleskop von der Seite der Gegenstand betrachtet wird) war im Felde, gerade so weit vom Auge entfernt, als der Gegenstand vom großen Spiegel, ein Pfahl aufgerichtet, auf welchem sich das vergrößerte Bild projicirte, und von einem Gehülfen dort bemerkt und aufgetragen wurde; diese dadurch erhaltene Vergrößerung wurde dann für unendlich weit entlegene Sterne reducirt. — Das Verhältniß der verschiedenen Linsen, wurde durch eine Art Camera obscura, die an das Teleskop geschraubt werden konnte, bestimmt. Das Bild des Gegenstandes fällt auf einen Planspiegel, der unter einem Winkel von 45 Grad geneigt ist, es wird durch eine von den Linsen betrachtet; seine Projection dann auf weiß Papier unterhalb des Spiegels gemessen.

Beyde Methoden haben eigenthümliche Schwierigkeiten und Bedenklichkeiten; wegen der Abirrung der Linsen, der Undeutlichkeit der Bilder, Lichtschwäche.

Herschel fügt noch einige Bemerkungen bey. Um Mißverständnissen zu entgehen, gelte dieß, daß er mit seinen mächtigen Vergrößerungen nur versuchsweise zu Werke gegangen und nicht gemeint sey, daß 6450 (oder 5786) fache Vergrößerung auf Planeten, oder sogar auf Doppelsterne ohne Unterschied

angewandt worden. Wie sie angegeben sind in der Abhandlung, sind sie zu nehmen, und keine weiteren Schlüsse. „Der Gebrauch starker Vergrößerungen ist ein neuer und unbetretener Pfad; es lassen sich neue Phänomene damit erwarten, Schlüsse im Allgemeinen wären zu voreilig; ein noch mächtigeres Werkzeug (das 20füßige) wird noch weiteres lehren.“ Die Hoffnung, wie wir aus den ersten Büchern sahen, ist auch in Erfüllung gegangen.

Eine andere Seite von der sich die starken Vergrößerungen betrachten lassen; ist die Kleinheit des Lichtpinsels oder Lichtkegels, der ins Auge tritt. Herschel beleuchtet dieß in der Abhandlung vom 22 Jun. 1786 „Untersuchungen über die Undeutlichkeit des Sehens, welche man der Kleinheit des Lichtpinsels zuschreibt.“ Auch diese Untersuchung war veranlaßt durch die Zweifel, Bedenklichkeiten und das Staunen über die großen Vergrößerungen, unterstützt durch einige im Umlauf befindliche Irrthümer.

Die gemeine Meynung der Optiker sey, daß wenn der Lichtpinsel kleiner als der 40ste oder 50ste Theil eines Zolls sey, den das Auge empfängt, kein deutliches Sehen mehr statt finde. Daraus würde folgen, daß Herschel mit seinem 7füßigen, bey einer Oeffnung von 6,4 Zoll, die engen Gränzen von 320facher nicht hätte überschreiten können, da er doch mit einer viel größern, die er auf Doppelsterne anwandte, sehr wohl zufrieden war. Versuche darüber stellte er im Jahr 1778 an, hielt sie für entscheidend; und theilt sie in obiger Abhandlung mit, wie folgt.

Mit dem unbewaffneten Auge konnte Herschel, indem er durch eine Oeffnung in einem Messingblättchen sah, die ungefähr (nach mikrometrischen Messungen) der 152ste Theil eines Zolls war, noch sehr deutlich gedruckte Schrift lesen. Man muß dabey Rücksicht nehmen auf die unbequeme Stellung des Auges, welches ganz dicht vor dem Papier ist, auf das kleine Gesichtsfeld, weßwegen man die Schrift bewegen muß; durch eine Oeffnung von $1/244$ Zoll eben so. Die Versuche setzte er nach dieser Richtung nicht fort; denn die Lichtschwäche und die Beugung an den Rändern der Oeffnung mußten hier Einfluß haben.

Er wandte sich also zu mikroskopischen Versuchen, wobey er der Einfachheit wegen bloß ein aus zwey Linsen zusammengesetztes nahm. Die Focallänge des Augenglases (sorgfältig durch einen eine halbe Meile entfernten Gegenstand bestimmt) war 0,9; seine Entfernung von der Objectivlinse 9,36; und die Oeffnung der Objectivlinse 0,0405. Daraus ergibt sich, daß der Durchmesser das Lichtpinsels nicht größer als $1/231$ Zoll war. Man sah aber jeden Gegenstand sehr deutlich unter dem Mikroskop; durch Verminderung der Oeffnung der Objectivlinse, durch Anwendung stärkerer Vergrößerung bey anderer Construction, durch Veränderung der Linsen brachte Herschel den Strahlenpinsel auf den

724sten, 1800sten, 336sten, ja 2173sten Theil eines Zolls zurück, und sah noch sehr deutlich.

Dadurch glaubte sich nun Herschel überzeugt, daß der Durchmesser des Strahlenpinsels an sich nicht in Betracht komme, und daß die Deutlichkeit des Sehens noch durch Anderes bestimmt würde. In dieser Hinsicht setzte er seine Versuche fort. Er fand, als er bey gleicher Oeffnung nur die Vocallänge der Objectivlinse änderte, und sich einen Strahlenpinsel ebenfalls den 724sten Theil eines Zolls verschaffte, jetzt das Sehen nicht so scharf und deutlich war; ungeachtet selbst die Vergrößerung schwächer war; dieß leitete die Untersuchung dahin, ob nicht ein bestimmtes Verhältniß zwischen Oeffnung einer Linse (oder eines Spiegels) und zwischen der Brennweite statt finden möchte; also daß ein Versehen hierin eben die Undeutlichkeit hervorbringe, welche man fälschlich der Kleinheit des Strahlenpinsels zuschrieb. Mit einer Linse von 1,25 Brennweite und Oeffnung von 0,01 machte er einen Strahlenpinsel von nur 1000stel, sah aber ganz undeutlich, ja man konnte das Bild kaum eine deutliche Vorstellung des Gegenstands nennen. Er erweiterte die Oeffnung auf 0,0124; 0,017; 0,0231, und erhielt die Durchmesser der Strahlenpinsel 758; 550; 406ter Theil eines Zolls, und sah immer noch nicht so deutlich; daraus ergab sich, daß bey einem mikroskopischen Bau, wie hier gebraucht worden, das Verhältniß der Oeffnung 0,0231 zu der Focallänge 1,25 sehr beträchtlich seyn müsse, nämlich 1 zu 54 bey stärkerer Vergrößerung, durch Anwendung eines andern Augenglases, blieb die Undeutlichkeit; als er im vorhergehenden Apparat, die Oeffnung erweiterte bis der Strahlenpinsel der 250ste Theil wurde, so näherte sich die Deutlichkeit der in den zuerst angestellten Versuchen; das Verhältniß der Oeffnung zur Brennweite ward hier 1 zu 34.

Herschel schließt mit der Bemerkung, daß aus diesen Versuchen sich für die Theorie und Praxis der optischen Werkzeuge vielleicht einiger Nutzen ziehen lasse, und daß die gewöhnlich im Umlauf sich findenden Anweisungen und Verhältnisse der Oeffnungen und Brennweite einiger Berichtigung bedürfen möchten.

---

(6) Es scheint nicht unpassend, einige zerstreute Bemerkungen, welche Herschel über das Auge und die Sehkraft in einzelne Abhandlungen niedergelegt, hier mitzutheilen. — Die Erweiterung und Verengung der Pupille ist schwer zu bestimmen; sie schwankt vielleicht zwischen 1 und 2 Zehntel Zoll; aber in einem verfinsterten Zimmer äußert sich die Sehkraft wahrhaft außerordentlich. Noch in Bath machte Herschel Versuche über das Licht, und bemerkte, daß er in einem zu diesem Behuf verfinsterten Zimmer, nach einer halben Stunde, da er

Anfangs nichts sah, Alles sah, was er bedurfte. — Nicht bloß die Oeffnung der Pupille, sondern auch die Ruhe der Netzhaut, welche durch keine fremdartigen Gegenstände gestört wird, kommt hier in Betrachtung. Dieß bestätigt sich durch teleskopische Beobachtungen, wo z. B. der Strahlenbüschel nicht mehr als 12Hundertel Zoll im Durchmesser hatte. In schönen Winternächten, um Mitternacht, in Abwesenheit des Mondes, streifte manchmal Herschel vier, fünf oder sechs Stunden lang am Himmel; alles umgebende Licht von Nebengegenständen war noch durch einen schwarzen Hut, den er zu tragen pflegte, abgehalten; dadurch war die Empfindlichkeit des Auges so groß, daß wenn ein Stern dritter Größe sich dem Gesichtsfeld näherte, das Auge sich entfernen mußte, um nicht die Zartheit des Gefühls, die es erlangt hatte, zu beleidigen. Bey solchen Streifzügen wurden gewöhnlich, selbst beym 20füßigen, größere Sterne vermieden, außer wenn keine von 6ter oder 7ter Größe zu Gebot standen. Er erinnert sich, daß nach einem beträchtlichen Streifzug mit dem 40füßigen sich die Erscheinung des Sirius ankündigte, von weiter Ferne, gleich einer Morgendämmerung, allmälig an Helligkeit zunahm, bis dieser glänzende Stern in das Gesichtsfeld trat mit aller Pracht einer aufgehenden Sonne, und das Auge nöthigte, sich zu entfernen. — Gewöhnlich braucht das Auge, wenn es vom Licht kommt, wohl 20 Minuten, um gehörig in Ruhe zu kommen für zarte teleskopische Gegenstände; eben so nach dem Durchgang eines Sterns 2ter oder 3ter Größe. — In der Abhandlung über die Parallaxe der Fixsterne und deren Bestimmung durch die Doppelsterne, wobey er die ungeheuren Vergrößerungen zuerst — zum zweifelnden Erstaunen der astronomischen Welt — angewandt hatte, gibt er einige Winke für diejenigen, welche seine feinsten Doppelsterne untersuchen wollen, erräth, daß sie durch verschiedene Stufen gehen, und eine Zeitlang die untere Stufe (der Zartheit der Sterne und Gedrängtheit nach) behalten, damit das Auge sich daran gewöhne, solche Gegenstände zu erblicken. In der Anmerkung sind einige Beyspiele die Herschel gibt, mitgetheilt. — Ueber die außerordentliche Genauigkeit, womit das geübte Auge durch Schätzung über die Verhältnisse der Größen urtheilt, haben wir bey den Doppelsternen und bey der Beobachtung über die Mondsberge bey der Sonnenfinsterniß bemerkt. Nicht minder gehört hieher die Vergleichung der Beobachtungen aus dem Gedächtniß wie bey den Asteroiden. Ueber die Schätzung der Mondsberge äußert sich Herschel, in der Abhandlung vom 9. Jan. 1794 wie folgt. „Es möchte vielleicht außerordentlich scheinen, daß ein Auge so kleine Verhältnisse, als der 15hundertste oder 2000ste Theil des Mondsdurchmessers schätzen könne; doch man kann sich davon durch einen Versuch überzeugen. Man ziehe eine Linie 6 oder

8 Zoll lang auf ein Blatt weißes Papier, und mache verschiedene kleine Tupfen, welche die Mondsberge auf dem Umkreise einer großen Kugel sich erhebend vorstellen. Man entferne bey gehöriger Beleuchtung das Papier 7, 8 bis 9 Fuß vom Auge, und merke, welcher von den Tupfen von gleicher Größe und Deutlichkeit, wie die Berge, erscheinen. Man berechnet dann den Durchmesser des Monds, multiplicirt ihn mit der Vergrößerungszahl des Teleskops, dieß gibt dann den Durchmesser eines Kreises, zu welchem die gerade Linie gehört, auf welcher die Tupfen gemacht sind. Man mißt ihre Höhe, und erhält sodann das Verhältniß derselben zum Durchmesser eben jenes Kreises. Herschel sah in einer Entfernung von 9 Fuß noch Tupfen, die nicht höher als $^1/_{50}$ Zoll waren; daraus ergab sich, daß er $^{16}/_{100}$ des Mondsdurchmessers sah und schätzen konnte, welches nicht vielmehr als der 6te Theil einer Meile ist; die Schätzung von Bergen, die anderthalb Meilen hoch sind, wird demnach etwas ganz Leichtes seyn (must become a very easy task).

---

§. II. Die Apparate.

Sehen, Messen und Rechnen sind die Elemente aller astronomischen Kunst; Betrachtung, Beobachtung, Berechnung werden sie auch von andern genannt. Herschel mußte wegen des ungeheuren Maßstabs seiner Werkzeuge, und weil er die Sehkraft über die bisherigen Gränzen erweitert, und Gegenstände von der äußersten Zartheit, die vor ihm und nach ihm, kein Astronom erblickt, beobachten sollte, auf neue Messungsaparate seine unerschöpfliche Erfindungskraft richten. Wie er das bewirkt, daß ein Instrument, gleich dem 40füßigen und auf ähnliche Weise auch sein 20füßiges, zur Messung und Genauigkeit gesichert worden, ist eben berichtet worden. Wie er zur Messung mikrometrischer Gegenstände seine Werkzeuge ausgestattet, betrachten wir hier.

Der Gebrauch des gewöhnlichen Mikrometers dient, durch die Mikrometer-Schraube, zur Messung der Distanz zweyer Gegenstände am Himmel, (die zu gleicher Zeit im Gesichtsfelde sind) oder auch der Durchmesser bey Planeten zum Beyspiel. Herschel wandte es auch an, wie bey der Entdeckung des Uranus und sonst bemerkt worden. Die Messung vermittelst der Uhr, oder der Zeit, welche sonst die Astronomie anwendet im Großen, als auch beym Mikrometer, war schwer mit dem größern Spiegelteleskop zu vereinigen. Der Beobachter befindet sich bey dem Gebrauch desselben in der Höhe an der Oeffnung vornen am Instrumente, bey sehr großen Werkzeugen wohl meist in freyer Luft; die Uhr muß in einem wohlverwahrten, geschlossenen Raum seyn, und ruhig, unbewegt; jener ist also wohl immer ziemlich

entfernt von der Uhr, hört also ihren Gang nicht, und sieht sie nicht; allerdings ließe sich durch ein Sprachrohr vielleicht auch hier, wie bey den Streifzügen Herschel gewohnt war, zu Hülfe kommen; der Vortheil der Genauigkeit, der durch das Schätzen von halben und 4tel Sekunden, geht verloren; auch wird die Hülfe einer zweyten Person erfordert. Da diese Schwierigkeiten nicht zu beseitigen, so schuf sich Herschel ein neues Mikrometer, das Mikrometer für Stellungswinkel.

(1) Die Beschreibung des Mikrometers für Stellungswinkel, gibt er in der ersten Nachricht von der Entdeckung des Georgssterns *).

In der spätern Abhandlung von 1784 bemerkt Herschel, daß er an einem von Nairne und Blunt nach diesem Plan ausgearbeiteten Mikrometer für Stellungswinkel die wesentliche Verbesserung angebracht, daß das Rädchen eine ganze Umdrehung machen kann; wodurch wieder die Deckung der beyden Fäden vollkommen hergestellt werden kann, sonst können constante Fehler eintreten, wie dieß Herschel zuerst auch begegnete. Auch ließ sich ein Nonius anbringen, der unmittelbar 3 Minuten angäbe. — Die Schwierigkeit, die noch übrig bleibt, wie nach dieser Beschreibung sich ergibt, ist die Auffindung des Parallels und die Beleuchtung.

(2) Das zweyte von Herschel in Gebrauch gesetzte Mikrometer beruht auf einem durchaus neuen Prinzip; allerdings war schon vorher bisweilen zu Bestimmung der Vergrößerung z. B. eines Fernrohrs der Versuch gemacht worden, mit dem freyen Auge oder Gegenstand selbst, mit dem bewaffneten das vergrößerte Bild zu betrachten und mit einander zu vergleichen; aber weder auf eine scharfe Bestimmung, noch auf Messung kleiner Winkel oder Gegenstände war es abgesehen. Herschels Lampenmikrometer beruht auf der Vergleichung des vergrößerten Bildes vom Gegenstand mit einem ihm nachgebildeten. Der Beschreibung desselben schickt Herschel einige allgemeine Bemerkungen über die Nachtheile und Unbequemlichkeiten des gewöhnlichen Mikrometers voran, die ihn bey sehr engen Doppelsternen veranlaßten, eben das neue zu schaffen. Die erste Schwierigkeit derselben ist die Dicke der Fäden, welche besonders bey starken Vergrößerungen die Genauigkeit beschränkt; Herschel verschaffte sich doch Fäden, die nur 1″ 13‴ dick waren. Er maß damit Doppelsterne von Mittelpunkt zu Mittelpunkt. Aber auch abgesehen davon, und wären sie viel dünner als sie sind, „so würde doch die Beugung des Lichts jeden Versuch, die Entfernung der Mittelpunkte zu messen, fruchtlos machen: denn Herschel bemerkte

*) S. Beschreibung der Kupfer.

immer, daß die Sterne auf diesen Fäden spielen, und ihren scheinbaren Durchmesser in zwey Theile sondern. Da nun die falschen Durchmesser der Sterne, welche mit in die Messung eingeschlossen sind, beständig wechseln, nach dem Zustande der Luft und der Länge der Zeit, während welcher wir sie betrachten, so sind wir beständig in Ungewißheit, und unsere Messungen nicht übereinstimmend; wir müssen überdieß die falschen Durchmesser der Sterne kennen; denn verschiedene Sterne haben bey 227facher Vergrößerung des 7füßigen hier Differenzen von mehr als 2 Sekunden. — Die Macht der Beugung des Lichts auf den Fäden wird noch größer, wenn die Fäden sehr nahe kommen; die beugenden Kräfte mischen sich mit einander, das Resultat der Messung wird zu groß. — Eine andere sehr beträchtliche Unvollkommenheit ist die beständige Ungewißheit über den wahren Nullpunkt. Herschel bestimmte daher, wenn die höchste Genauigkeit erforderlich war, unmittelbar nach einer Messung den Nullpunkt, während das Mikrometer noch in derselben Lage war, denn diese und Lichtstärke haben auf Nullpunkt Einfluß; allein auf diese Weise wird eine neue Messung erfordert. — Die nächste und nicht geringste Unvollkommenheit ist bey allen bisherigen Mikrometern, daß sie entweder eine Schraube, oder eine getheilte Linie und Trilling erfordern. Wie schwer es ist, dieß mit großer Vollkommenheit herzustellen, wissen alle, die mit solchen Werkzeugen bekannt sind; der Maßstab des Mikrometers ist so klein, daß ein Fehler von 1 Tausendstel Zoll im Schraubengang, oder der eingetheilten Linie meist einen Fehler von mehreren Sekunden hervorbringt. — Endlich ist noch die größte Unvollkommenheit die starke Beleuchtung des Gesichtfelds, die hier erfordert wird, um die Fäden deutlich zu sehen. Aus diesem Grund mußte Herschel manche Messungen bey sehr lichtschwachen Doppelsternen aufgeben.

Das Lampenmikrometer ist von diesen Mängeln frey, und empfiehlt sich überdieß durch den Vortheil einer sehr erweiterten Skale.

Ein Arm trägt zwey Lampen, eine fast im Mittelpunkt eines kreisförmigen Brettes, die andere beweglich an einem Schieber; also näher und ferner der unbeweglichen zu bringen; in den Laternen ist nur eine kleine zarte Oeffnung, die also das Bild eines feinen Doppelsterns nachahmt. Der Arm kann in jede beliebige Höhe gehoben werden. Man sieht in der Dunkelheit dann nur zwey sehr feine helle Punkte, ungefähr wie Sterne 3ter oder 4ter Größe.

Zwey Handgriffe bestehen aus leichtem Holz, 10 Fuß lang, der untere enthält eine Eintheilung, welche genau in Fußen, Zollen und Linien, die Distanz der hellen Punkte (vom Beobachter) angibt.

Aus dieser Beschreibung ergibt sich, daß man von einer Entfernung, von 10 Fuß aus, den 2 hellen Punkten jede beliebige Stellung, Süd und Nord nach Ost-West geben kann, und in jede

Distanz von einander, von $\frac{6}{10}$ Zoll bis 25 oder 26 Zoll. — Sollte, oben oder von der Seite von den Lampen noch Licht sich zeigen, so kann man einen Schirm anwenden, oder an dem Arm selbst eine Bedeckung anbringen, von Drathwerk mit Sammet bedeckt. —

Der Gebrauch dieses Mikrometers ist einfach, das rechte Auge betrachtet im Teleskop den Doppelstern, das linke Auge das Abbild desselben, das durch die zwey Handgriffe so wohl in dieselbe Stellung als Distanz die zwey leuchtenden Punkte gebracht hat. Das Newtonische Fernrohr ist wunderbar passend für solche Mikrometer. Der Beobachter steht immer aufrecht, sieht immer horizontal vor sich hin, seitwärts vom Object, so daß das Mikrometer so gestellt werden kann, daß es nicht das geringste Hinderniß macht. Herschel nahm den obern Theil seines Fernrohrs zum Behuf des linken Auges weg; und die Handgriffe zur Stellung der hellen Punkte des Mikrometers gingen durch zwey Ringe, die oben auf dem Tubus befestigt waren. Nach einiger Uebung bringt man es bald dahin, daß die beyden Bilder, das im rechten Auge und das im linken sich vollkommen decken. Die Distanz der lichten Punkte bey jeder Beobachtung läßt sich auch mit großer Genauigkeit messen.

Herschel führt als Beyspiel eine Messung der Distanz der zwey Sterne in α Herkules an. Die Vergrößerung die er anwandte war 460, die Distanz der Centrallampe 10′ 4, 15″; die Distanz der zwey hellen Punkte 50,6 Vierzigstel Zolle; dieß gibt den vergrößerten Winkel 35 Minuten, also den wirklichen (wenn man mit 460 dividirt) 4 Sekunden 34 Terzien; der Maßstab gab also $\frac{1}{4}$ Zoll auf eine Sekunde, die 932fache Vergrößerung, die in schönen Abenden noch sehr deutlich ist, gibt mehr als $\frac{1}{2}$ Zoll auf eine Sekunde.

Dieß Mikrometer läßt sich übrigens auch auf Messung anderer Gegenstände, Durchmesser der Planeten und ihrer Trabanten, Monds-, Fixsterndurchmesser anwenden.

So maß Herschel den 22ten Okt. 1781 den scheinbaren Durchmesser des Sterns Wega in der Leyer. Er erweiterte die Distanz seines Mikrometers, um einen größern Maßstab zu erhalten, bis auf 22 Fuß 6 Zoll; die Entfernung der zwey hellen Punkte (welche den Durchmesser des Sterns einschlossen) betrug ungefähr 3 Zoll; die Vergrößerung war 6450fach; der teleskopische Winkel betrug obigen Messungen gemäß 38 Min. 10 Sek., also der wahre Winkel, oder der scheinbare Durchmesser des Sterns, 0, 355 Sekunden, Es gingen demnach 8,443 Zoll auf eine Sekunde; (das einzige Beyspiel in der Astronomie).

Eben so maß Herschel den 28sten November 1781 den Durchmesser des Georgsterns, der Abend war aber nicht günstig; denn mit 227 erschien er nicht so deutlich als sonst mit 460. Der

Radius (oder Entfernung) des Mikrometers betrug damals 35 Fuß 11 Zoll; die Entfernung der zwey hellen Punkte 2,4 Zolle; dieß gibt bey 227facher Vergrößerung der wahren Durchmesser 5,022. Auf eine Sekunde gingen hier $^{474}/_{1000}$ Zoll, fast ein halber Zoll.

Doch Herschel brachte an diesem Mikrometer, eben um den Durchmesser des Georgssterns zu bestimmen, Verbesserungen an, die in der Abhandlung vom 7ten Nov. 1782 beschreibt; in dieser Form nennt er das Mikrometer mit hellen und dunkeln Kreisen und Ringen.

Eine größere Laterne, sonst gebaut wie die beym Lampen-Mikrometer, hat Raum in ihrer Mitte für drey Flammen, um die gehörige Lichtstärke zu haben mehr oder weniger, je nachdem man 1, 2, oder alle drey anzündet. Die Löcher, anstatt auf messingenen Schieberthürchen, müssen weit genug seyn, um eine Pappe aufzunehmen, und 3 bis 4 dicken Papiers. Man verschafft sich aus Pappe geschnittene Cirkel, die von zwey Zoll im Durchmesser zunehmen, von 10tel zu 10tel Zoll bis zu 5 Zoll, diese müssen in die Gruben der Lampe passen. Man verschafft sich auch eine ziemliche Menge ähnlicher Cirkel aus weißem, andere aus hellem Papier, einige geölt, damit sie durchsichtiger werden, damit sie die trockenen nicht beschmutzen, wenn sie zusammengestellt werden. Man setzt sodann hinter die Pappe, ganz nahe an das Licht, eins, zwey oder mehrere weiße oder blaue geölte oder nicht geölte Papiere, und erhält vermittelst einer oder zwey Flammen eine erleuchtete Scheibe, die derjenigen im Teleskop gesehenen (die gemessen werden soll) vollkommen gleich ist. Die einzige Täuschung, die hier eintreten kann, ist die von dem verschiedenen Grade der Beleuchtung herrührende; denn es zeigte sich bey einigen Versuchen in dieser Beziehung, in welchen mehrere erleuchtete Scheibe zusammengesetzt, und zu gleicher Zeit erleuchtet wurden, daß nur wenig mehr Licht im Stande ist zu bewirken, daß ein Cirkel eben so groß erscheint als ein anderer, der ein oder sogar zwey Zehntel Zoll Durchmesser verschieden ist. Das schlagendste Beyspiel hiezu ist der Mond, gerade vor oder nach dem Neumond. Man sieht deutlich, wie der erleuchtete Theil sich herauswirft über den dunkeln. — Der Gebrauch ist übrigens wie beym Lampen-Mikrometer, nur läßt man die zu messende Planetenscheibe nicht über die erleuchtete wegziehen, sondern entweder unterhalb oder oberhalb; vermittelst einer guten Scheibe brachte es Herschel dahin, daß er den Georgsstern entgegen der Scheibe 5—6 Minuten erhielt, und sie beyde mit der vollkommensten und ungestörtesten Aufmerksamkeit betrachten konnte.

Im Verlauf der Beobachtungen des Georgssterns, zum Behuf der Messungen, ergab sich die Schwierigkeit, die Farbe des Planeten nachzuahmen; die weißen geölten Papiere mit einer ein-

zigen Lampe erleuchtet hatten eine starke Mischung von Roth; der Planet erschien aber unerwartet bläulich; dieß erinnerte an die Doppelsterne γ Andromeda, ε Bootes, α Herkules, β Schwan und andere, doch war die Farbe des Planeten und der Scheibe in keinem so starken Gegensatz; bloß blaues Papier gab der Scheibe eine ganz ähnliche Farbe. — Die Scheiben waren immer noch zu hell; dieß führte den Gedanken herbey, bloß erleuchtete Kreisringe anzuwenden; es ergab sich, daß wegen des starken Eindrucks, den sie auf das Auge machten, die Messung immer zu klein ausfiel; das Gegentheil zeigte sich als auf einem erleuchteten weißen Hintergrund schwarze Kreise aufgefangen wurden: auch hier hatte die stärkere oder schwächere Beleuchtung Einfluß.

Noch im Jahr 1815 geschieht Meldung von diesem Mikrometer mit hellem Punkte, und seiner Anwendung auf den Trabanten des Georgssterns. Aber auch hier war wieder eine Gränze erreicht; zuerst war die Absicht, die Stellung der hellen Punkte durch einen Gehülfen zu berichtigen; doch man konnte kein vollkommenes Zusammentreffen — ob gleich der Beobachter die Bewegung unter seiner Leitung hatte — hervorbringen, wenigstens nicht ohne großen Zeitverlust, wodurch eine Aenderung in den Bewegungen des hier allein anwendbaren 20füßigen eintritt, welche hinwiederum das vollkommene Sehen behindert; es wird aber noch der Vortheil gerühmt, daß es auch bey einem concaven Augenglase anwendbar ist.

Dieß sind die Erweiterungen, welche Herschel, dessen Bestreben aufs Große des Himmels sich gerichtet hatte, gleichsam dem mikroskopischen Theile der Sternkunde darreichte.

Die Bemerkungen, die in seinen verschiedenen Abhandlungen zerstreut sind, und fruchtbare Saamenkörner einer fast 50jährigen praktischen Laufbahn, die Winke und Rathschläge und Grundsätze der Beobachtungskunst, welche der Erfahrenste und Geübteste in Hervorbringung und Behandlung des veredelten Spiegelteleskops uns hinterlassen, fügen sich wohl schicklich in dem zweyten Theile dieser Schrift den Arbeiten seiner Zeitgenossen bey.

---

§. III. Licht und Wärme.

(1) Herschels Ansichten von dem kosmischen Licht sind in dem ersten und zweyten Buch dieser Darstellung enthalten. Er hat das Daseyn eines Systems verbundener oder zerstreuter Lichtwolken gezeigt; sie mögen die Urkeime der kosmischen Bildungen in sich halten, oder mit Sternen sich vereinigend diese Bildungen vollenden, oder aus dem unermeßlichen Weltraum ausgestrahltes, um einen Kernpunkt sich sammelndes Licht vorstellen; die Erscheinungen am Kometen-Licht; von Herschel beobachtet, deuten

deuten auf eine Aehnlichkeit solcher Entwickelungen hin. Er hat das Sternlicht, das Veränderliche desselben, die Farben-Erscheinungen zum Gegenstand besonderer Betrachtung genommen, wie in den genannten Büchern dargelegt worden.

Es sind aber hier noch einige besondere Punkte zu erörtern.

Der erste betrifft die Rolle des Aethers, oder der allgemeinen Weltluft, wenn eine solche Daseyn haben sollte, bey den Erscheinungen des Lichts, oder des Leuchtens der Sterne. Sie kann von physischer oder chemischer Art seyn, um es kurz auszudrücken; letzteres nach einem Bilde, das aus unserer Atmosphäre entlehnt ist, in welcher allein und ohne welche — wie es scheint — kein irdischer Körper leuchtet und brennt. Demnach würde der Aether gleichsam die Nahrung — wiewohl in der allerzärtesten Weise — für die leuchtenden Himmels-Körper seyn. Es hat Herschel diese Meynung nirgends unmittelbar ausgesprochen; auch ist nicht wahrscheinlich, daß er ihr zugethan gewesen ist, da er das Daseyn eines freyen Urlichts anzunehmen scheint; und zum Ersatz, für den Lichtverlust der Sonnen, selbst die im Weltall herumwandernden Kometen bestimmt. — Die freye unabhängige Licht-Entwickelung schreibt Herschel selbst den Planeten und einigen Kometen zu. — Ueber die physische Rolle des Aethers, wie sie gewöhnlich angenommen wird, als leite er durch seine Schwingungen und wellenförmigen Pulsirungen die Lichtentwickelungen durch den unendlichen Raum fort, ist Herschel, im Gegensatz gegen die strahlende geradlinige Fortleitung nicht absolut entschieden. In der — im Verlauf dieses vierten Buchs zu entwickelnden — Abhandlung über die solare und terrestrische Wärme-Strahlung drückt er sich so aus. „Es ist zu bemerken, daß, wenn das Wort Strahlen gebraucht wird, ich nicht gemeint bin, weder zu widersprechen, noch weniger zu behaupten die Meynung derjenigen Weltweisen, welche glauben, daß das Licht von der Sonne zu uns gelange, nicht durch Strahlung, sondern durch Schwingungen eines elastischen Aethers, der durch den Weltraum verbreitet ist.“ Er verlangt für seine strahlende Wärme dieselben Rechte wie für das strahlende Licht; ob nun durch Pulsirungen, oder durch geradlinige Strahlung für beyde gültig; repulsive Kräfte scheint er anzunehmen.

Die Durchsichtigkeit des Weltraums für das Licht ist der andere; darüber ist eine Erklärung in der Abhandlung über die Parallaxe der Fixsterne. Es ist dort die Rede von der sogenannten scheinbaren Größe der Fixsterne. „Man müßte sie,“ bemerkt Herschel, „wenn sie Distanzen der Sterne ausdrücken sollte, nach der Lichtintensität, die sie haben, gemäß dem Princip der Lichtabnahme mit dem Quadrat der Entfernung bestimmen; Rücksicht müßte vielleicht auch genommen werden auf einigen Verlust, welchen das Licht sehr entfernter Sterne auf seinem

Durchgang durch die unermeßlichen Räume erleidet, welche höchst wahrscheinlich nicht ganz leer sind, indem irgend ein sehr feines Mittel sie erfüllt. Zu dieser Vermuthung gibt Veranlassung die Farben-Erscheinung an sehr kleinen teleskopischen Sternen; Herschel fand sie fast allgemein roth, oder zum Rothen sich neigend; dieß scheint anzudeuten, daß die schwächern oder brechbarern Strahlen, welche die übrigen Farben bilden, entweder auf ihrem Weg gänzlich aufgehalten, oder wenigstens durch zufällige Ablenkungen vom Laufe abgebracht werden.

In der letzten Abhandlung, welche aus der Lichtstärke die Entfernung der Sternhaufen bestimmt (siehe das 1ste Buch), hat Herschel nicht auf diese Undurchsichtigkeit des Weltraums Rücksicht genommen. Wäre sie vorhanden, so müßten alle angegebenen Distanzen der Sternhaufen etwas vergrößert werden, weil die Lichtschwäche, unter der sie erscheinen, eben zum Theil von der Undurchsichtigkeit herrührt; ohne diese würden sie also heller erscheinen *).

Man könnte noch bemerken, daß die röthliche Farbe der Sterne von so außerordentlicher Kleinheit, oder solcher Lichtpunkte, schon durch den bloßen Lichtäther, der unbezweifelt in unserm Sonnensystem ausgegossen ist, hervorgebracht werden könnte.

Daran schließt sich eine dritte Bemerkung Herschels, über die Wirkung des ohne Ende fort von unendlich vielen leuchtenden Himmels-Körpern ausgesandten Stoffs (in der Abhandlung vom Jahr 1791). In wie fern — findet sich dort die Betrachtung — das Licht, welches beständig von Millionen Sonnen ausgesandt wird, Einfluß auf die Erzeugung der frey im Raume sich anhäufenden Lichtmassen habe, ist schwer zu bestimmen; denn ungeachtet der unglaublichen Feinheit der Lichttheilchen, kann doch, — wenn die Menge der ausspendenden Körper beynahe unendlich groß, und die Zeit dieser beständigen Ausflüsse unbestimmbar ist — die Menge der freyen Theilchen die Natur einer leuchtenden Materie annehmen; unter der Voraussetzung, es sey irgend eine Ursache da, welche sie hindert, ins Unendliche zu entfliehen, oder sie vereinigt. Als solche Ursache können die mancherley Reflexionen, Refractionen und Inflexionen angesehen werden; der Durchgang durch unzählige Systeme, ja selbst die vereinigte Anziehungs-Kraft derselben.

Daraus würde aber folgen, könnte man entgegnen, wenn diese freye Lichtmaterie sich immer anhäuft, so müßte die Sichtbarkeit derselben immer größer werden, und am Ende wirklich

---

*) Ueber die allgemeine Helligkeit des Himmels s. den §. über die raumdurchdringende Kraft des Fernrohrs.

das Universum mit Licht erfüllt werden. Nothwendig muß sie also zu neuer Sternbildung tauglich seyn.

Sollte aber nicht (ist eine vorläufige Bemerkung) auf die Lichtentwickelung anwendbar seyn, was von jeder andern physischen Kraft gilt, welche den Raum mit ihrer Wirkung erfüllt? Sie erstirbt wirklich und wahrhaftig in einer gewissen Entfernung. Mathematisch betrachtet ist der Raum unendlich, und der kleinste Theil desselben noch ins Unendliche theilbar; aber physisch ist er endlich, und physisch ist kein voller Raum ins Unendliche theilbar oder ins Unendliche zum Beyspiel mit Licht zu verdünnen. Es gibt also eine physische Gränze, über die keine Licht-Wirkung mehr wirklich hinausreicht. Die Kraft eines Sterns erlischt völlig — etwa in dreyßigtausend Siriusweiten; ob ich mir gleich denken kann, daß er noch billionenmal dünner erscheinen könnte.

(2) Von diesen allgemeinen Betrachtungen wenden wir uns zu den besondern Untersuchungen, welche Herschel über das Sonnenlicht zuerst, und dann noch näher zu uns herabsteigend über das terrestrische — Lampen-, Kohlen- Licht — anstellte. Das Licht ist der einzige Vermittler zwischen dem Astronomen und der fernen Sternwelt; natürlich sind seine Forschungen von selbst darauf gerichtet; doch Herschel hatte noch eine besondere Veranlassung: dieß war die Verbesserung des Apparats zu Sonnenbeobachtungen. Je stärker die Kraft seiner Teleskope war, um so nothwendiger war es, das Bild der Sonne als leuchtendes und als wärmendes zu dämpfen und zu blenden; die Wärme und das Licht mußten zugleich aufgehalten werden, aber so, daß die Deutlichkeit des Sehens weder durch die nach einer oder der andern Rücksicht herbeygeführte Hemmung litte. Die Reihe von Untersuchungen und Versuchen, und ihre Resultate sollen hier, sammt zweckmäßiger Beschreibung der Apparate, in ihrer chronologischen Ordnung mitgetheilt werden.

1. Herschel überzeugte sich zuerst von der verschiedenen Erwärmungsstufe des gefärbten prismatischen Sonnenbildes. Die Vorrichtung bestand in 3 Thermometern (Nro. 1, 2, 3). Das Nro. 1 hatte eine etwas große Kugel, war daher etwas unempfindlich; 2 und 3 waren Eigenthum von Dr. Wilson, vormals Professor der Astronomie in Glasgow. (Die Kugeln waren mit Tusch geschwärzt.) Sie waren einzeln befestigt auf einer schiefen Unterlage. (Damit das gefärbte Bild sie mehr senkrecht traf.) Ein Schirm von Pappe, mit linienförmiger Oeffnung, etwas breiter als der Durchmesser der Thermometer-Kugeln, und die Thermometer stehen auf einem Tisch; der Schirm ist um eine Achse beweglich, so daß durch die Oeffnung des Schirms die Farben des gefärbten Sonnenbilds von einem Prisma, das oben am Fenster befestigt ist, fallen. Ein Thermometer steht in der Beleuchtung der Strahlen; die zwey

andern standen nebenbey vom Schirm beschattet, um die Temperatur der Umgebung und des Zimmers anzuzeigen. Der erste Versuch ist folgender:

Gang der Thermometer.

Nro. 1. in dem rothen Licht.	Nro. 2.	Nro. 3.
	beyde im Schatten	
43°,5	43,5	43,25
48	43,5	43,5
49 ,5	43,25	43,25
49 ,75	43,25	43,25
50 ,	43,25	43,25

Die Dauer des Versuchs war 8—10 Minuten, wegen der Langsamkeit des Thermometers Nro. 1.

Folgende Tafel gibt eine Uebersicht der sieben andern Versuche.

Stand der Thermometer.

Versuch.	Prismatische Farbe.	In der Farbe.		Im Schatten.		Dauer des Versuchs.
		Anfang.	Ende.	Anfang.	Ende.	
		Nro.	1.	Nro.	2.	
2)	rothe	45°	51°	45°	44°	10 Min.
3)	grüne	43	46	43	42,75	10 —
4)	violet	44	45	44	43	10 —
		Nro	2.	Nro.	3.	
5)	rothe	44	46,5	44	43,75	5 —
6)	rothe	44	47	44	43	5 —
7)	grüne	43,5	44,5	43,5	43	
8)	grüne	43	44,75	43	42,75	

Die vier ersten Versuche geben im Mittel die Wärme-Verhältnisse von Roth zu Grün und Violet, wie 55 zu 26 zu 16; dieß bestätigen auch die 4 letzten Versuche mit dem andern Thermometer, sie geben 55 zu 24,2.

Herschel macht die Bemerkung, daß das so empfindliche Thermometer Nro. 2. solch eine geringe Aenderung bey der Einwirkung des Sonnenlichts erlitte, in den vier letzten Versuchen. Er schreibt dieß der Ursache zu, daß eben dieß empfindlichere Thermometer der Wirkung der Umgebung, welche dasselbe beständig auf die mindere Temperatur herabzuziehen strebe, mehr unterliege. Er wünscht eine kräftigere Sonne gehabt zu haben, als zur Zeit der Versuche am Anfang des Jahres thunlich war; auch möchten die Umstände, unter welchen die Thermometer mit Tusch geschwärzt worden, noch besondere Berücksichtigung verdienen.

2. Herschel untersucht die Beleuchtungs-Stufen des farbigen Sonnenbilds. Der Apparat bestand aus ei-

einem doppelten Mikroskope, durch welches dunkle Objecte, von den verschiedenen prismatischen Farben beleuchtet, mit Hinsicht auf Deutlichkeit und Helligkeit angesehen wurden; zuerst eine 27fache und dann 42fache Vergrößerung ward angewandt. Die Versuche fordern Genauigkeit, weil für jede besondere Farbe der Focus der Linse besonders berichtigt werden muß. An einem gewöhnlichen Object der Mikroskope ergab sich im ersten Versuch, daß es sehr gut im Rothen, besser im Orangen, und noch besser im Gelben, eben so gut im Grünen, weniger vortheilhaft im Blauen, mittelmäßig gut im Indigo, und noch unvollkommener im Violetten gesehen werden konnte.

Die andern Gegenstände, welche Herschel unter das Mikroskop brachte, waren rothes Papier, grünes Papier, ein Stück sehr reines gedrehtes Messing, ein Nagel, eine Guinea, schwarzes Papier. Die Distanz des Prisma von den Objecten war verschieden; bey der Betrachtung wurden einige sich auszeichnende, hervorstehende Punkte, wenn sich solche fanden bey den einzelnen Objecten, fixirt, um das Urtheil gleichförmig zu sichern. Folgende Tafel gibt das Einzelne an.

Tafel über die Deutlichkeit und Helligkeit, womit verschiedene Gegenstände unter dem Mikroskop, bey der prismatischen Farben-Beleuchtung, erschienen.

Gegenstand.	Roth.	Orange.	Gelb.	Grün.	Blau.	Indigo.	Violet.
2) Rothes Papier.	Ein heller Punkt bey schwarzem Fleck; dazwischen mehr helle.	Besser, der helle Punkt ist doppelt.	Noch besser.	Voll so gut wie vorher.	Sehr gut.	Nicht so gut.	Sehr unvollkommen.
3) Grünes Papier.	Mehrere zarte Punkte zwischen zwey hellen.	Diese Punkte sieht man besser.	Noch besser.	Wie vorher besonders gut.	Weniger hell, aber sehr deutlich.	Nicht gut.	Schlecht.
4) Sehr reines, gedrehtes Messing.	Mehrere lichte Punkte zwischen 2 helle. Roth sieht aus wie Orange.	Besser, die Farbe ist auch nicht reine orange.	Noch besser.	Voll so gut wie vorher.	Nicht so gut.	Nicht gut.	Schlecht.
5) Ein Nagel.	Zwey helle Punkte; einige schwächere.	Heller mehr Punkte; sehr deutlich.	Viel heller; mehr Punkte u. Linien; sehr deutlich.	Voll so hell; eben so viele Punkte; sehr deutlich.	Viel weniger hell; sehr deutlich.	Noch weniger hell; sehr deutlich.	Noch weniger hell; sehr deutlich.

Gegenstand.	Roth.	Orange.	Gelb.	Grün.	Blau.	Indigo.	Violett.
6) Guinee 9″ vom Prisma.	[illegible] Punkte sehr deutlich.	Besser beleuchtet; s. deutlich.	Noch besser sehr deutlich; gelb und grün ist das Maximum.	Ebenso; zwischen	Viel geringer, sehr deutlich.	Schlecht beleuchtet, s. deutlich.	S. schlecht, kaum zu sehen.
7) Nagel 8″ vom Prisma.	Zwey helle Punkte, mit schwächeren; s. deutlich.	Alle Pkte besser; sehr deutlich.	Mehr helle und schwarze Punkte sehr deutlich.	Ebensogut, sehr deutlich.	Viel schlechter beleuchtet, sehr deutlich.	Schlecht beleuchtet, sehr deutlich.	Fast keine Beleuchtung.
8) Nagel 9″ vom Prisma.	Schlecht beleuchtet. Helle Punkte s. deutlich.	Besser beleuchtet, helle Pkte. sehr deutlich.	Noch besser. Alle Punkte äußerst deutlich.	Ebenso gut und deutlich.	Schlecht, die hellen Punkte deutlich, d. andern undeutlich.	Sehr schlecht. Nicht deutlich wegen Mangel an Licht.	So schlecht, daß man das Objekt nicht sieht, oder höchstens kaum.
9) Schwarz Papier 8″ vom Prisma.	Kaum sichtbar, einige schwarze Punkte.	Mehrere helle, und einige schwächere	Unzählige helle, und kleine schwache Punkte.	Wie gelb Maximum zwischen.	Sehr unbedeutend, nicht so schlecht wie roth.	Matt sichtbar.	Gänzlich unsichtbar.

Noch einige besondere Erscheinungen zeigten sich bey diesen Versuchen, welche noch aufgeführt werden müssen, da sie vielleicht anders eine Deutung erhalten.

Der Anblick des Nagels im Mikroskop ist so schön, daß ihn Herschel — auch wegen des Einflusses auf die Beobachtungsweise — ausführlicher beschreibt. Er wählte ihn eigentlich wegen seiner Gediegenheit und Schwärze, gemäß welchem er wahrscheinlich ein unparteiisches Resultat bey der verschiedenfarbigen Beleuchtung geben möchte; aber beym ersten Anblick erstaunte er über die „hellen Konstellationen von tausend leuchtenden Punkten, die über ihn, so weit das Feld des Mikroskops reichte, ausgestreut waren. Sie hatten die Farbe der Beleuchtung, doch sehr an Helligkeit verschieden, einige waren düster und zart, andere leuchtend und glänzend. Die hellsten zeigten auch Abwechselung der Farbe, oder vielmehr der Helligkeit; denn im Mittelpunkt der glänzendsten war das Licht lebhafter, zog sich von der beleuchtenden Farbe allmälig ins Weiße, und hatte gegen die Peripherie zu eine dunklere Tinte. Aehnliches zeigte sich bey der Guinee, im 6ten Versuche." Alle Punkte im Gesichtsfeld sind gefärbt, bey gelber Beleuchtung, einige grün, andere roth, andere gelb; einige weiß mit schwarzem Kreis umher. Im 7ten Versuche wird bemerkt bey der rothen Beleuchtung, alle Punkte des Gesichtsfeldes sind roth; beym Orange sind sie roth, grün, gelb, weißlich, mit Schwarzem, im Gelben sind sie von ver-

schiedenen Farben; im Grünen meist grün, und weißlich grün, zum Weißen sich neigend.

Die Resultate aus obigen ungewöhnlich gut zusammenstimmenden Versuchen faßt hierauf Herschel in Folgendem: die rothmachenden Strahlen haben nicht die beleuchtende Kraft in einem ausgezeichneten Grade; die rothen haben mehr; die gelben beleuchten noch vollkommener; das Größte der Beleuchtung liegt im hellsten Gelb oder dem blassesten Grün, das Grün selbst ist beynahe so hell wie das Gelbe, oder von dem satten tiefen Grün nimmt die Beleuchtung sehr merklich ab. Blau und Roth stehen fast gleich; Indigo hat weniger als Blau; Violet ist sehr schwach.

Für die Deutlichkeit des Sehens scheinen alle Farben gleich kräftig zu seyn.

Herschel spricht dann von der etwaigen Ungenauigkeit, welche diesen Versuchen noch anhängen möchte, wegen der nicht vollkommenen Trennung der farbigen Strahlen, veranlaßt durch die scheinbaren Sonnendurchmesser, und die beträchtliche Breite des Prisma. Das Resultat, betreffend die rothen Strahlen, ist jedoch sicher, da sie gewiß am wenigsten mit anderen vermischt sind. Uebrigens könnte man, wie Newton gethan, ein kleines Loch vorrichten, wodurch die Strahlen vermindert aufs Prisma fielen.

Die wichtigste Ursache bey der Mischung der Strahlen, welche in der Breite des Prisma's liegt, räumte Herschel weg indem er das Prisma vorne mit einem Stück Pappe bedeckte, welches eine Spalte von $\frac{1}{10}$ Zoll Breite hatte; der Versuch lehrte Folgendes:

Gegenstand.	Roth.	Orange.	Gelb.	Grün.	Blau.	Indigo.	Violett.
10) Nagel 9′ 2″ vom Prisma.	Zwey leuchtende rothe Punkte, sie sind ziemlich hell.	Mehr Punkte, Bessere Beleuchtung der Punkte, sind orange, aber mit Schwarz umgeben.	Die Punkte sind gelb, weiß mit schwarzen umgeben. Besser beleuchtet als in Orange.	Die Punkte sind grün u. weiß, m. Schwarz umgeben, besser beleuchtet als in Orange.	Fast wie im Rothen.	Sehr mittelmäßig beleuchtet.	Sehr schlecht beleuchtet.
					(Das Maximum ist im hellsten Gelb und blässesten Grün.)		

Die Phänomene der verschieden gefärbten Punkte, im 6ten und 7ten Versuche, sind nun vollkommen gedeutet, sie rühren von der Mischung der Farben her. Versuche auf gleiche Weise mit diesem Prisma für die Erwärmung geben wegen der Schwäche der Lichter kein entscheidendes Resultat.

3. Herschel untersucht zum Behuf teleskopischer

Blendung den Lichtverlust beym Durchgang durch gefärbte Gläser.

Die farbigen Gläser, welche gewöhnlich bey achromatischen Fernröhren gebraucht werden, platzten alle im Brennpunkt des 7füßigen Fernrohrs bey ganzer Oeffnung, rothe taugten auch nicht. Ein Sonnenapparat war aber nöthig, und Herschel wünschte einen Newtonischen Reflektor von 9″ Oeffnung dazu einzurichten; war demnach zu folgender Reihe von Versuchen veranlaßt.

Ein rothes Glas am Fernrohr ließ zu viel Licht durch, zwey rothe waren gut, aber die Hitze konnte das Aug nicht tragen. Zwey grüne Gläser gaben zu viel Licht, eins wurde geräuchert; ob sie gleich mehr Licht gaben als die rothen, war doch die Hitze geringer. (Diese Erfahrung führte zu den Versuchen in 1 und 2.)

Herschel verschaffte sich nun Gläser von allen Farben; setzte ein Prisma an den obern Theil des Fensters, und ließ das farbige Sonnenbild auf ein Blatt weißes Papier fallen, fing hierauf mit den gefärbten Gläsern nach der Reihe die Sonnenfarben auf, just ehe sie das Papier trafen, und fand folgende Ergebnisse.

Tief rothes Glas fängt alle Strahlen auf; ebenso ein blasses rothes; der Grund ist, weil die zerstreuten Strahlen des farbigen Sonnenbildes zu schwach sind, durchs Glas zu dringen *), denn wenn man geradezu in die Sonne oder bey Tag nach Gegenständen sieht, ergibt sich, daß sie vorzüglich rothes Licht durchlassen.

Orange läßt durch alle rothen, orangen, und gelben; hält auf einige grüne, viel blaue, sehr wenig von Indigo und Violett.

Gelbes fängt kaum etwas auf.

Dunkel grünes fängt fast alle rothen auf, und zum Theil die orangen und gelben; läßt durch Grün; fängt auf viel Blau; aber kein Indigo und Violett.

Noch dunkler grünes fängt auf fast alle rothen; viel orange, etwas Gelb; läßt durch Grün; hält auf etwas Blau; läßt durch Indigo und Violett.

Blaues fängt auf viele rothe und orange; einige gelbe; kaum einiges Grün; kein Blau, Indigo oder Violet.

Purpurnes läßt durch einiges Roth, sehr wenig Orange und Gelb; läßt durch etwas Grün und Blau; aber kein Indigo und Violett.

Grünes Glas ist demnach das beste, um die rothen Strahlen, welche wegen ihrer großen erwärmenden Kraft weggeschafft werden müssen, aufzuhalten.

(* Und der Reflex vom Papier zu schwach ist.

Geräuchertes weißes Glas schien gleichförmig alle Farben aufzuhalten; dick belegt mit Rauch war keinem Licht der Durchgang frey; dasselbe that hartes Pech zwischen zwey weißen Gläsern geschmolzen. Gefärbte Flüssigkeiten waren nicht rein genug, wenn ihre Dimensionen größer angewandt werden mußten, um Licht aufzufangen.

Nach diesen Prinzipien machte nun Herschel wirkliche teleskopische Versuche über die besten Blendungen, wie sie vollständig in der Anmerkung*) aufgeführt sind.

4. Herschel überzeugt sich von Wärme-Erregung, die jenseits des sichtbaren farbigen Sonnenbilds statt findet.

Er hatte schon bey seinen in 1) angeführten Untersuchungen über die Wärmestufen des farbigen Sonnenbildes angemerkt, daß die höchste Stufe sogar jenseits der rothen Strahlen liege; er machte es zum weitern Gegenstand seiner besondern Untersuchung.

Der Apparat ist ähnlich dem über die Erwärmungsstufen. Nur ist noch ein kleines niederes Gestell da; auf dem sind fünf Linien parallel mit der Seite des Gestells gezogen, jede ½ Zoll von einander entfernt, die erste aber ist ¼ Zoll vom Rande des Gestells; 3 andere Linien durchschneiden sie rechtwinklich, die zweyte 2½ und die 3te 4 Zoll von der ersten entfernt. Die Thermometer Nro. 1, 2, 3 stehen auf dem Gestell mit ihren schiefen Unterlagen, so daß das Centrum ihres Schattens auf die Durchschnittslinie fällt. Dieß Gestell steht auf einem Tisch, worauf auch das farbige Sonnenbild fällt, und läßt sich so setzen, daß das farbige Sonnenbild die Ecke nicht erreicht außer nach ¼ Zoll; die Thermometer werden dann näher oder weiter gesetzt, nach dem Maß der gezeichneten Linien; das Fenster war, ausgenommen wo die Sonne auf das Prisma fiel, mit dickem grünem Vorhang bedeckt. Folgende Tafel gibt die Resultate, wobey die allmälige Steigerung des Thermometers nicht bemerkt ist, sondern bloß die End- und Anfangs-Zustände, die Zeit, die Entfernung von der Gränze des Sonnenbilds; die Thermometer Nro. 2 und 3 waren, gemäß der oben beschriebenen Stellung, und den Oeffnungen des farbigen Sonnenbilds außer der Wirkung, und gaben die Vergleichung.

*) S. Anmerkung 10.

Stand der Thermometer.

Entfernung des Thermometers von der rothen Gränze.	Des bestrahlten. Am Anfang.	Am Ende.	Der verglichenen. Anfang.	Ende.	Anfang.	Ende.	Dauer.
$^1/_2$ Zoll.	Nro. 1. 45	50,25	Nro. 2. 45	43,75	Nro. 3. 44	43,5	10 Min.
$^1/_2$ Zoll.	Nro. 2. 44	46,75	Nro. 3. 44	44	Nro. 1. 45	45	12 —
1 Zoll.	Nro. 1. 46	52,25	Nro. 2. 46	47	Nro. 3. 45,75	46,75	13 —
$1^1/_2$ Zoll.	Nro. 1. 48	51,5	Nro. 2. 48,25	48,75	Nro. 3. 47,75	$47^7/_8$	10 —
Von der Violetten Gränze 1 Zoll.	Es wurden 48	Nro. 1. 48	und 2. bestrahlt. 48	48	— $47^3/_4$	$47^3/_4$	12 —
In der Gränze des Violetten.	— 48	49	— 48	$48^1/_2$	— $47^3/_4$	$47^3/_4$	13 —
Mitten im Rothen.	Nro. 1. bestrahlt. $48^1/_2$	$55^1/_4$	— $48^1/_2$	$48^1/_2$	— 48	48	10 —
Just am Rand des Rothen das Centrum der Thermometer-Kugel.	— $48^1/_2$	57	— $48^1/_2$	49	48	48	10 —

Die Thermometer-Kugel berührt eben die Gränze des Rothen nach Außen.	Unmittelbare Fortsetzung des vorhergehenden Versuchs. 57	59	49	50	$48^1/_2$	$49^1/_2$	10 Min.
Mittelpunkt der Kugel $^1/_2$ Zoll von der Gränze.	$50^1/_2$	$58^3/_4$	$50^1/_2$	50	50	$49^1/_2$	16 Min.

Die Ergebnisse dieser Versuche faßt Herschel also:

Aus der Sonne kommen unsichtbare Strahlen, welche geringere Brechbarkeit haben als die sichtbaren. Sie besitzen eine große erwärmende, aber keine leuchtende Kraft. — Da in der Entfernung (von dem Prisma) von 52 Zoll diese unsichtbaren Strahlen noch $1^1/_2$ Zoll jenseits der sichtbaren rothen (gemessen nach der horizontalen Projection) beträchtliche Erwärmung hervorbringen, so mag ihre Ausdehnung sich noch weiter ausstrecken. — Jenseits des Violetten ist keine erwärmende Kraft — das Maximum der Erweiterung erstreckt sich wahrscheinlich bis über $^1/_2$ Zoll jenseits der rothen Strahlen; die Uebereinstimmung der zwey letzten

Versuche ist sehr entscheidend, wenn man bemerkt, daß die Thermometer-Kugel von Nro. 1. einen halben Zoll im Durchmesser hat. — Wahrscheinlich ist die Menge der wärmenden Strahlen (im gebrochenen farbigen Sonnenbild) viel größer als der leuchtenden. — Es gibt also ein wärmendes Sonnenspectrum aus Strahlen von verschiedener Brechbarkeit und wärmeerregender Kraft; Licht- und Wärmespectrum sind aber verschieden; strahlende Wärme, strahlendes Licht kann man sie nennen.

(3) Herschel erweitert seine Untersuchungen über die strahlende Wärme nach zwey Seiten; erstens die Quelle betreffend, dann die Wirkungen und Bestimmungen derselben Erscheinungen; die Quellen der Wärme, die er in den Kreis seiner Untersuchung aufnimmt, sind A das reine Sonnenlicht, das farbige, das wärmende Spectrum jenseits der rothen (oder das unsichtbare); B die Wärme eines rothglühenden Eisens, C das Lampenlicht, D das Kohlenfeuer; E des bloß erwärmten Eisens; die Erscheinungen, die er zweytens in umfassenderer Forschung untersuchte, waren die Abspiegelung der aus jenen Quellen fließenden Wärme von ihr entgegengehaltenen Körpern (gewöhnlich Reflection genannt), dann die Brechung derselben; die verschiedene Größe der Brechung im Einzelnen; das Aufgehalten- oder Verschlucktwerden beym Durchgang durch andere (meist durchsichtige) Stoffe; das Umhergestreutwerden oder Abstrahlung von nicht spiegelnden Flächen der Körper.

Die Apparate zu beschreiben, die Resultate aufzuführen, einige Besonderheiten mit aufzunehmen, ist der Zweck der folgenden Darstellungen.

A (1) Wärme durch Abspiegelung des Sonnenbilds. Die Kugel des Thermometers Nro. 3. wurde in dem Focus eines 10füßigen Newtonischen Spiegelteleskops, das statt des Augenglases eine kleine Camera obscura führte, gestellt; es stieg von 52° bis 110; hier war eine dreyfache Abspiegelung oder Reflexion vorgegangen. Das farbige Sonnenbild wurde vermittelst eines kleinen Hohlspiegels, von 3,4 Zoll Durchmesser und ungefähr 2¾ Zoll Brennweite, auf den Thermometer Nro. 3 geworfen, so daß es im Brennpunkt der rothen Strahlen stand, durch eine Oeffnung in Pappe war gesorgt, daß nur die farbigen Strahlen auf den Spiegel fielen, es stieg von 58° bis 93° in 2 Minuten; in den direkten rothen Strahlen (nach Bedeckung des Spiegels) sank es wieder auf 58°.

Die unsichtbaren Wärmestrahlen (an der rothen Seite des farbigen Sonnenbildes) werden von einem metallenen Planspiegel auf ein Thermometer hingespiegelt. Die Distanz des Thermometers Nro. 1. vom Spiegel war 3 Fuß 9¾ Zoll; ein anderes Nro. 2 stand neben, nach dem Spiegel gerichtet,

aber außer der Spiegelung; das farbige Sonnenbild fiel auf ein weißes Papier, worauf parallele Linien ½ Zoll distant von einander gezeichnet waren; der Spiegel bot seine polirte Oberfläche dem Sonnenbild unter einem Winkel von 45° Graden dar, und spiegelte sie horizontal auf das Thermometer; der Apparat konnte sanft aus den farbigen Strahlen herausgerückt werden. Das Thermometer stieg von 56 auf 60 in 10 Minuten, und kehrte in 10 Minuten, nach Hinwegnahme des Spiegels, wieder auf 56 zurück. Das Vergleichungs-Thermometer Nro. 2 blieb unverändert auf 56 *).

(2) Wärme durch Brechung. (11) Die Sonnenstrahlen wurden mit einem neuen zehnfüßigen Teleskops-Spiegel, dessen polirte Oberfläche 24 Zoll Durchmesser hatte, aufgefangen, und durch ein vierfaches — bey Tag gebräuchliches — Augenglas geleitet, so daß im Brennpunkt derselben ein Thermometer (Nro. 3) gebraucht werden konnte; es stieg augenblicklich auf 130 Grad von 60; hier hatten acht reguläre Brechungen nach einander statt, und ein mannigfaches Durchkreuzen der Strahlen. (13) Das farbige Sonnenbild. Eine Brennlinse von Dollond, herrlich polirt 9 Zoll im Durchmesser, vereinigte das farbige Sonnenbild — die Linse war nämlich bedeckt, so, daß gerade nur das farbige Sonnenbild auf die brechende Glaslinse fallen konnte — in dem Focus; das Thermometer Nro. 3 stieg in einer Minute von 64° auf 176°.

Das unsichtbare Sonnenbild. Auf Dollonds Brennlinse, welche halb bedeckt worden, fiel das farbige Sonnenbild so, daß die letzten sichtbaren rothen Strahlen $^1/_{10}$ Zoll jenseits des Rands der Bedeckung auf die (bedeckte) Linse noch fielen; das Thermometer Nro. 1. im Brennpunkt stieg in einer Minute von 57 auf 102; während das kleinere Nro. 2 unverändert auf 57 blieb. Dabey bemerkte aber Herschel, daß man noch immer rothe Farbe auf der (ganzen) Thermometer-Kugel erblickte. Ob vielleicht die unsichtbaren Strahlen durch Verdichtung sichtbar würden, fragte sich Herschel; und wiederholte den Versuch, so daß das letzte sichtbare Roth $^2/_{10}$ Zoll vom Rande der Bedeckung (hereinwärts) entfernt war; das Thermometer im Brennpunkt stieg von 57 auf 78; das andere blieb auf 57; keine Spur von rother Farbe war sichtbar. Ueber die rothe Farbe, die sich im vorhergehenden Versuch noch zeigte, erklärt sich Herschel folgendermaßen. Das Brennglas hat bey seinem großen Durchmesser keinen geometrischen Brennpunkt, es bringt auch einige zerstreute Strahlen dahin; die Gränze des sichtbaren Sonnenbilds konnte in einem nicht hinlänglich dunkeln Zimmer nicht genau bestimmt

*) Dieß stimmt sehr gut mit dem obigen Versuche II, 3.

werden; im Anfang des Spectrums müssen sich auch die rothen Strahlen, wegen der Breite des Prisma, über einen beträchtlichen Theil der sichtbaren rothen jenseits zerstreuen; auch werden die unsichtbaren darum nicht gehörig von ihnen gesondert. Auch bemerkte schon Isaak Newton einiges unvollkommene Farbige und Dünstige zu beyden Seiten des farbigen Sonnenbilds, das er aber nicht in seine Messungen aufnahm.

(3) Die verschiedene Brechbarkeit der strahlenden Wärme. Zuerst gibt uns Herschel einige geometrische Bestimmungen über die Ausdehnung des unsichtbaren und sichtbaren Wärmebildes, mit Zugrundlegung der alten Newtonischen Bestimmungen, für das sichtbare farbige Sonnenbild. Zugleich bestimmt er durch Zeichnungen die Verhältnisse der leuchtenden und wärmenden Kräfte an den verschiedenen Stellen, gemäß den von ihm, theils im Vorhergehenden, theils noch besonders, angestellten Versuchen. Die Figur 9 *) zeigt diese Bestimmmungen.

Die gerade Linie GQ zeigt die Länge des farbigen Sonnen-Bildes; sie ist eingetheilt gemäß den Newtonischen Verhältnissen der Ausdehnung für die verschiedenen Farben; die Linie GA zeigt die Ausdehnung der unsichtbaren aber noch wärmenden Strahlen, jenseits der sichtbaren; das Verhältniß derselben oder die Länge GA ist durch Versuche bestimmt. Noch in der Entfernung von 2 Zollen vom letzten sichtbaren Roth stieg das Thermometer um 1¼ Grad; ja in der Entfernung von 2¼ Zoll zeigte sich noch eine Hitze von ½ Grad; bey diesen Versuchen war die Länge des sichtbaren farbigen Sonnenbildes 2,997 Zolle: dieß gibt das Verhältniß der unsichtbaren Linie AG zur sichtbaren GQ wie 2:8 oder wie 2¼:3.

Die Verhältnisse der Helligkeit (oder Beleuchtungs-Kraft) der farbigen Strahlen sind durch die senkrechten Linien in G, H, I, K, L, M, N, O, P, ausgedrückt, nach den in 2) angeführten Versuchen (wobey die äußerste Genauigkeit nicht gesucht worden); die größte Helligkeit ist zwischen Grün und Gelb durch LR ausgedrückt. Die Verhältnisse der erwärmenden Kräfte, die durch das sichtbare und unsichtbare Sonnenbild durchgehen, sind gleichfalls durch die senkrechten Linien im schattirten Theile der Figur ausgedrückt; diese Verhältnisse würden durch eigends angestellte Versuche bestimmt. Die Figur spricht für sich selbst manches Sonderbare aus.

Um zu erweisen, daß auch die unsichtbaren (wärmenden) Strahlen den bekannten Gesetzen der Brechung folgen, stellte Herschel Versuche mit Prismen von verschiedenen brechenden Win-

*) S. Beschr. d. Kupfer.

keln, und verschiedenen Stoffen an, und bemerkte, daß das unsichtbare Sonnenbild immer dem sichtbaren folgte, und bestimmte Verhältnisse einhielt; selbst Flüssigkeiten, in prismatischen Hüllen, fand er entsprechend *).

Ein achromatisches Prisma, nämlich eines von Kronglas mit einem Brechungswinkel von 25 Grad, eines von Flintglas, dessen Winkel 24, und ein dickes von Kronglas, dessen Winkel 10 Grad betrug, gaben ein Sonnenbild fast ganz farblos; nur ein feiner rother und violetter Strich fand sich an den äußersten Enden; beyde Enden zeigten dagegen keine Wärme; in der Mitte des farblosen Bildes stieg aber das Thermometer in kurzer Zeit auf 2°; welches hinlänglich ist, wenn man die dreifache Brechung bedenkt. Es gibt also eine Achromasie der wärmenden Strahlen, wenn ich mich kurz so ausdrücken darf.

Herschel erweist nun ferner — zur Bestätigung obiger Resultate, — daß der Brennpunkt des farbigen Sonnenbildes und der unsichtbaren wärmenden Strahlen verschieden sey; die Dollondsche große Brennlinse bedeckte er, bis sie nur 3 Zoll offen blieb, um die Abirrung des Lichts wegen der sphärischen Gestalt zu vermindern. Er streute Puder in die Luft, und erkannte so an den feinen umherziehenden Partikelchen den Brennpunkt der mittlern Lichtstrahlen, welcher von den gelben und grünen erzeugt wird. Er hielt nun 1″,6 lang (4 Schläge seines Chronometers) ½ Zoll näher gegen die Linse in den zusammengezogenen Lichtbüschel eine Siegellack-Stange, es erfolgte keine Wirkung; als er sie aber ½ Zoll jenseits jenes Focus hielt, war sie in 0,8 (oder 2 Schläge des Chronometers) Sekunden beträchtlich gesengt; im Focus selbst war die Wirkung eben dieselbe. So sehr auch der Versuch nur im Groben angestellt ist, so ergibt sich doch, daß der Wärmefocus gewiß weiter entfernt war als der Lichtfocus, da in der Entfernung von ½ Zoll die Wirkung noch eben so groß war als im Focus selbst; der Wärmefocus war wahrscheinlich ¼ Zoll vom Lichtfocus entfernt.

(4) Wärme-Verlust beym Durchgang des Sonnenlichts durch diaphane Mittel. Der Apparat, den Herschel hiebey für das directe Sonnenlicht (für gefärbte und unsichtbare Wärme-Strahlen erleidet er einige Modifikationen) anwandte, ist folgender. In einer 12 Zoll langen, 8 Zoll breiten und 2¼ Zoll tiefen Büchse sind (liegend) befestigt 2 Thermometer, getrennt durch eine Scheidewand in der Gegend der Kugeln; über diesen liegt auf der Büchse ein Brett mit zwey Löchern ¾ Zoll Durchmesser, gerade über den Thermometer-Kugeln, und der untere Theil der Büchse ist offen, da wo die

*) S. Anmerkung 10.

Thermometer-Kugeln liegen. Eine Leiste ist angebracht, worauf der auf das Loch gelegte durchsichtige Körper, der untersucht wird, liegt. Eine Nadel ist senkrecht auf dem Brett mit den Höhlen, um aus dem Schatten derselben die Lage der Büchse gegen die Sonne zu merken. Ein Deckel ist vorräthig, um nach Bedürfniß das Brett mit den Löchern zu decken. Die Büchse ruht auf einem Brett, das vermittelst Charnieren mit einem andern, das horizontal auf einem Tisch ruht, verbunden ist, so daß die Büchse in jede Lage — selbst bis 85° Erhebung, gebracht werden kann. Das Ganze ist noch durch einen hinlänglich beträchtlich großen Schirm gegen die Sonnenstrahlen gedeckt, er hat eine Oeffnung in Gestalt eines Parallelograms, welches die Sonnenstrahlen nur auf das Brett, mit den zwey Löchern fallen läßt. — Das Schwierigste ist, zwey gleich empfindliche Thermometer zu erhalten, sowohl nach Schnelligkeit als Gleichförmigkeit des Ganges; in jeder Temperatur; daß sie nicht geschwärzt seyn dürfen ist natürlich. — Die Vorsichtsmaßregeln bey der Beobachtung enthält die Anmerkung. *) Beyde Thermometer werden nun der wärmeerzeugenden Kraft — also der Sonne, dem farbigen Sonnenbild, den unsichtbaren Wärmestrahlen ausgesetzt, das eine direkt, indem das eine Loch unbedeckt ist, das andere unter der Modifikation, daß die Wirkung, durch den diaphanen Körper, der auf dem Loch liegt, sich durchleitet. Das Verhältniß der Thermometer-Grade, um welche sich beyde Thermometer heben, gibt das Verhältniß der freyen und der beym Durchgang aufgehaltenen Strahlen an; wobey man annimmt 1000 Strahlen als vom wärmenden Körper ausgehend. Das 24te Experiment stehe vollständig hier, der Deutlichkeit wegen.

Erhebung der Thermometer.

Zeit.	Direktes Sonnenlicht.	Durch bläulich weißes Glas geleitetes.
0 Minut.	67°	67°
1′ —	$68\frac{3}{4}$	$68\frac{1}{8}$
2 —	$70\frac{1}{8}$	$69\frac{1}{8}$
3 —	$71\frac{3}{8}$	70
4 —	$72\frac{5}{8}$	$70\frac{7}{8}$
5 —	73	$71\frac{1}{2}$

Das eine Thermometer (Nro. 5 bezeichnet) stieg in 5 Min. um 6 Grad; das andere um $4\frac{1}{2}$; das Verhältniß ist 6: $4\frac{1}{2}$ = 1000: 750, oder das bläulichweise Glas läßt durch 750, und hält also auf, oder verschluckt 250.

Herschel sammelt alle Versuche in Tafeln, und setzt zur Vergleichung bey, wie viel dieselben Stoffe Strahlen des Lampen-Lichts aufhalten, nach eigends von ihm angestellten Versuchen, wie wir am Ende dieses Paragraphen sehen werden.

*) S. Anmerkung 12.

Tafel über die Menge der Wärmestrahlen aus dem Sonnenlicht, welche beym Durchgang durch verschiedene Körper von diesen aufgehalten werden. Zur Vergleichung ist die aufgehaltene Lichtmenge (aus einer Lampe) beygefügt.

Wärme aufhaltende Stoffe.	Aus reinem Sonnen-Licht.	Aus rothem Sonnenlicht.	Aus unsichtbaren Wärmestrahlen.	Verglichene Menge der aufgehaltenen Lichtstrahlen.
Bläulichweißes Glas .	250	375	71	86
Weiß Flintglas . .	91	113	000	34
Grünliches Kronglas .	259	294	182	203
Kutschenglas . . .	214	200	143	168
Isländischer Crystall .	244	200	—	150
Talk	139	—	—	90
Calcinabler Talk .	184	133	250	288
Sehr dunkles rothes Glas	800	—		999 9/10
dunkelroth — —	606	692	000	999 8/10
Orange . . .	604	500	273	779
Gelb Glas . . .	333	417	200	819
Blaßgrün	633	588	375	535
Dunkelgrün . . .	849	786	500	949
Bläulichgrün . . .	768	462	800	769
Blaßblau . . .	812	700	750	684
Dunkelblau . . .	362	71	167	801
Indigo	633	367	222	999 3/4
Blaß Indigo . . .	532	313	250	978
Purpur	583	444	273	993
Violett	489	400	250	955
Leere Röhre . . .	542			204
Mit Quellwasser gefüllt	558	Kein	Kein	214
Mit Seewasser . .	682	Versuch.	Versuch.	288
Mit Weingeist . .	612			224
Mit Gin.	739			626
Mit Brandy . . .	791			996
Matt geschliffen Kronglas	464	389	600	854
— Kutschen —	571	500	500	879
Das erste 2fach matt .	667	471	600	932
Das 2te ebenso . .	733	833	714	946
Die 2 ersten verbunden	698			969
Die 2 folgenden . .	800			979
Die 4 ersten . . .	854			995
Glas mit eingebrannter				981
Olivenfarbe . .	859			996
Kalcinirter Talk . .	867	737	889	994
Weiß Papier . .	850			
Weiß Leinwand . .	916			952
Weiß Persian . . .	760			916
*) Schwarz Mußlin .	714			737

*) S. Anmerkung 11.

Die

Die Modificationen des Apparats für durchsichtige Flüssigkeiten, dann zu den **rothen** und **unsichtbaren** Sonnenstrahlen sind folgende:

Eine kleine Röhre 1½ Zoll im Durchmesser wurde an beyden Enden verschlossen, so daß nur eine Oeffnung von ¾ Zoll blieb, welche mit Gläsern bedeckt werden konnte, das Flüssige einschloß und das Licht durchließ; die Länge der flüssigen eingeschlossenen Säule war 3 Zoll: diese Röhre wurde nun auf eins von den Löchern der oben beschriebenen Durchleitungs-Vorrichtung (transmitting apparatus) gestellt.

Für die **rothen** Strahlen wurde die Vorrichtung dahin geändert, daß man die Löcher nur in 2 Zoll Entfernung anbrachte, und ihnen nicht mehr als ⅜ Zoll Durchmesser gab. Sodann wurden auf der Vorderseite der Büchse 2 parallele Linien gezogen, ⅝ distant, sie schließen die Löcher ein. Die Büchse muß in solcher Entfernung vom Prisma stehen, daß die rothen Strahlen das ganze Loch bestrahlen, und die Thermometer unter den Löchern müssen kleiner seyn als diese; Herschel hatte zwey, deren Durchmesser 2¼ Zehntel Zoll betrug; er nennt sie A, B.

Für die **unsichtbaren** Wärmestrahlen werden 2 oder 3 parallele Linien ¹⁄₁₀ Zoll von einander entfernt noch hinzugefügt, um die Stellung gegen das Sonnenbild zu reguliren.

(5) **Wärme beym Abstrahlen des Sonnenlichts von rauhen Oberflächen der Körper.**

Die Veränderungen, welche in dem Transmissions-Apparat gemacht werden mußten zum Behuf dieser Untersuchungen, sind etwas zusammengesetzter. Die Löcher, durch welche das Sonnenlicht eingeht, sind sehr genau 1½ Zoll im Durchmesser, nach Unten zu sind sie ausgehöhlt, damit keine Rückwärts-Zerstreuung wegen der Dicke des Brettes statt finden kann; die Entfernung ihrer Mittelpunkte ist 4 Zoll. Etwas tiefer als einen Zoll unter dem Mittelpunkt sind die kleinen Thermometer-Kugeln (A und B wie oben) geschützt vor den direkten Sonnenstrahlen durch kleine Holzstückchen von der Größe der Kugeln. Unter jedem Thermometer perpendikular unter der Oeffnung, genau 1 Zoll unter dem Centrum der Kugeln, ist ein kleines Täfelchen, auf welchem sich die Gegenstände, deren hitzezerstreuendes Vermögen untersucht werden soll, befinden. Folglich fällt auf jeden Gegenstand durch die vollkommen gleichen Löcher, gleiches Licht, und mit ihm Wärme, das unter gleichen Winkeln und von gleichen Distanzen aus (aufwärts) zerstreut oder abgestrahlt *) wird. Das Verhältniß der Grade, um welche die zwey Thermometer steigen, von den **unter** ihnen die Wärme zerstreuenden Körper bestrahlt, ist das Verhältniß der wärmezerstreuenden Kräfte dieser Stoffe.

*) Herschel braucht das Wort scatter zerstreuen, umherstreuen.

Tafel über die Verhältnisse der wärmeabstrahlenden Kräfte. (Beygefügt die lichtzerstreuenden Kräfte.)

	Wärme	Licht
Visitenkarte weiß Papier	1000	1000
Gelb —	1060	513
Blaßgrün —	896	549
Dunkelgrün —	1242	308
*) Schwarz —	993	420

Bey den folgenden ist weiß Papier als Vergleichung angenommen. Die Dauer der Versuche war 5 Minuten, wie durchaus bey diesen Abstrahlungsversuchen. Zur Vergleichung ebenfalls die lichtzerstreuenden Kräfte.

	Wärme	Licht
Weiß Papier	1000	1000
Schwarz —	767	420
Schwarz Musselin	813	64
Weiß Leinwand	1000	1008
Weiß Kattun	1000	1054
Weiß Musselin	875	827
Weiß Persian	1074	671
Weiß Wollen, Rauhes auswärts . . .	1231	620
Weiß Chamois-Leder, das Glatte auswärts	1167	1228
Schwarz Sammet	904	7
Schwarz Satin	1081	102
Zinnfolie	885	8483
Eisen	750	10,014
Messing	1320	43,858
Kupfer	1280	13,128
**) Goldpapier	429	124,371

B. Herschel stellt die gleichen Versuche mit Kerzenlicht an.

(1) Wärme bey Abspiegelung des Kerzenlichts. Ein Licht wurde in der Entfernung von 29 Zoll von dem (oben A 1) erwähnten stählernen kleinen Hohlspiegel gesetzt; das Thermometer Nro. 2. stand in seinem Brennpunkt, daneben zur Vergleichung Nro. 3, jenes stieg in 5 Min. um 3¼ Grad (von 54 an); als der Spiegel bedeckt war, sank es in 6 Min. wie-

*) Diese Versuche sind mit einem andern Apparat gemacht worden (durch Vergleichung nicht untereinander, sondern mit der Sonne; die Art und Weise ist aber nicht angegeben), sie sind also nicht so genau anzusehen.

**) S. Anmerkung 14.

der herab; als der bedeckende Schirm weggenommen war, stieg es wieder wie vorher.

(2) Wärme bey Brechung des Lampenlichts. Eine Linse von 1,4 Zoll Brennweite und 1,1 Zoll Durchmesser war in der Entfernung von 2,8 Zoll vor Licht gestellt; das Thermometer Nro. 2 stand 2,8 Zoll jenseits der Linse (genaue Berichtigung ist hier nöthig). Die Linse konnte auf ihrem Fuß herum gedreht werden; auch war ein pappener Schirm der nur durch eine Oeffnung so groß wie die Linse Licht zuließ. Das Thermometer stieg in 3 Minuten von 53⅞ auf 56; ging nach Hinwegdrehung der Linse um eben so viel wieder herab, und stieg, der Wirkung der Linse ausgesetzt, abermals wieder in 3 Minuten um dieselbe Größe.

(3) Wärmeverminderung bey Durchgang des Kerzenlichts durch diaphane Mittel. Der Apparat ist von dem Transmissions-Apparat für Sonnenlicht, darin verschieden, daß die Thermometer einander entgegengesetzt stehen, die Kerze rechts und links ihr Licht durch die 2 Löcher wirft; wovon das eine offen ist, und das freye Licht empfängt, das andere mit dem zu untersuchenden Körper bedeckt werden kann. Das Verhältniß der Thermometergrade, um die sich beyde Thermometer erhoben haben, gibt wieder, wie beym Sonnenlicht, das Verhältniß der wirksamen Kräfte. Das Resultat ist in der unten folgenden Tafel enthalten.

C. (1) Versuche mit rothglühendem Eisen. Ein rothglühendes Eisen (lanzetförmig, ein Ofenschürer) ward jetzt statt des Lichts, und in einer Entfernung von 12 Zoll vor den stählernen Hohlspiegel gestellt. In 1½ Minute stieg das Thermometer um 38½ Grad (von 54½ bis 93), sank bey Bedeckung des Spiegels binnen 1½ Minuten auf 63 (also um 28°).

(2) Ein eiserner Cylinder, 2½ Zoll Durchmesser und 2½ Zoll lang, wurde rothglühend auf ein Stativ gesteckt, und kehrte eine seiner Kreisflächen der Linse zu (wie oben von 1,4 Zoll Brennweite und 1,1 Zoll Durchmesser); ein Schirm davor hatte eine Oeffnung von 1 Zoll Durchmesser, um das Objekt zu verkleinern, also auch sein Bild im Focus, und die Thermometer zu schützen. Nro. 2 stand im Brennpunkt, und Nro. 3 stand ⁵⁄₁₀ Zoll seitwärts von demselben, aber gleich weit von der Linse. Der Versuch wurde so gemacht, daß 2 Minuten lang die Thermometer durch Schirm geschützt wurden, die 2 andern Minuten der Schirm weggenommen wurde. Das Resultat sicherer zu bestätigen, machte Herschel denselben Versuch, statt mit der Linse, mit einem Planglas: Folgendes ist die Uebersicht.

Therm.		Mit der Linse. Nro. 2. im Focus	Nro. 3. neben	Mit dem Planglas. Nro. 2.	Nro. 3. Beyde hinter dem Planglas.
Mit Schirm	0 Min.	56°	56°	57¼	56¾
Ohne Schirm	2 —	62	60	62¼	61¾
Mit Schirm	4 —	59	58	60½	60
Ohne Schirm	6 —	61	59	61	60½
Mit Schirm	8 —	58¼	57¾	60	59½
Ohne Schirm	10 —	59½	58¼	60¾	60¼

Offenbar erhält bey dem Versuch mit der Linse das Thermometer Nro. 2 mehr Wärme als Nro. 3; beym Planglas schreiten sie an Gewinn und Verlust gleichmäßig parallel fort.

D. Versuche mit Kohlenfeuer.

(1) Wärme bey Reflex. Ein kleiner metallener Planspiegel (wie sie Herschel bey seinem 7füßigen gebraucht) wurde auf ein Stativ gestellt, so daß er einen Winkel von 45 Grad mit der Nordseite des Stativs machte; diese war geschützt gegen das Feuer durch ein eichenes Brett, 1½ Zoll dick, in welchem sich ein rundes Loch befand, 1¼ Zoll Durchmesser, wodurch das Feuer auf den Spiegel fiel; 3½ Zoll entfernt vom Spiegel (seiner reflectirenden Seite zugekehrt) stand das Thermometer Nro. 1, dicht dabey außer dem Reflex das Nro. 4; eine hölzerne Scheidewand war zwischen dem Spiegel und den Thermometern, durch eine Oeffnung in dieser Scheidewand fiel der Reflex nur auf Nro. 1. Statt des ebenen Metallspiegels setzte Herschel ferner ein gläsernes Prisma ein, dessen einer Winkel ein rechter war, die anderen 45 Grad, so daß die Hypothenuse einen Winkel von 45 Grad mit der Vorderseite machte. Der Apparat wurde vor das offene Kaminfeuer in dem Sprachzimmer gestellt, parallel mit den eisernen Stangen des Rostes. Der Erfolg war:

Zeit.	Metall-Spiegel. Therm. Nro. 1.	Nro. 4.	Gläserner. Therm. Nro. 1.	Nro. 4.
0 Min.	60°	60	62½°	62½
1	62	60	63	62¾
2	64	60	64	63
3	66	60		
4	66	60	64½	63
5	67	60½	65	63¼
8			65¾	63½
10			66½	63¾
11			67	64¼

Beym zweyten Versuch war die Temperatur des Zimmers gestiegen. Das Ergebniß eines Reflexes ist aber entschieden.

(2) Wärme-Verminderung beym Durchgang durch diaphane Mittel. Um gleichförmige Kohlenfeuerwärme zu erhalten, die auf zwey Thermometer, in einer kleinen Entfernung von einander fallen sollte, bediente sich Herschel eines Rostes, 19

Zoll breit und 8³/₄ hoch, der nur 3 große Stangen hatte, welche das Feuer in drey große Oeffnungen theilten. Im Centrum der mittlern wird man, wenn der Rost gut mit großen Kohlen gefüllt ist, bey gehöriger Behandlung gleichförmige Wärmeausstrahlung erhalten können.

Der Apparat selbst ist folgender. Ein hölzerner Schirm, 3 Fuß 6 Zoll hoch und 3 Fuß breit, gegen das Feuer zu mit Eisenblech beschlagen, hat 2 Löcher, ³/₄ Zoll im Durchmesser, und 2¹/₂ Zoll von einander diesseits und jenseits der Mitte, in gehöriger Höhe mit dem Centrum des Feuers; 2¹/₄ Zoll unter dem Centrum der Löcher ist ein Brett, 22 Zoll lang und 4 breit, auf ihm stehen einander entgegen 2 Thermometer auf gehörigen Unterlagen fest, so daß die Kugeln ganz entfernt von der Scala, gerade hinter den wärmedurchlassenden Löchern stehen, sie sind noch durch eine hölzerne Zwischenwand getrennt, um wechselseitigen Einfluß aufzuheben; eine große hölzerne, mit Eisen gleichfalls beschlagene Bedeckung schließt die Oeffnungen, kann aber mit einer Schnur nach Erforderniß weggeschoben werden; der Schirm ist auf einem Gestell, das in die marmorne Kamin-Einfassung paßt, so daß die Oeffnungen 6¹/₂ Zoll von den vordern eisernen Stangen des Rosts entfernt sind. Noch stehen zwey Hülfsthermometer so auf dem Brett, daß sie ihre Kugeln eben so weit von dem Schirm entfernt haben als die, welche der Wärme ausgesetzt werden, aber so weit von den Löchern, daß diese Wärme sie nicht erreicht. Eine Unterlage befindet sich bey einem der Löcher, um den durchsichtigen Körper vor dasselbe anpassend zu bringen; er wird durch eine Feder angedrückt.

Das Ergebniß der Versuche findet sich in der untenfolgenden Tafel; die Dauer eines jeden war 5 Min.

E. Versuche mit der dunkeln Wärme des erhitzten Eisens.

(1) Reflex; der kleine stählerne Hohlspiegel steht auf einem Brett; ihm parallel, horizontal und in gehöriger Entfernung ist aufgerichtet ein Leistchen Holz, ¹/₂ Zoll dick und 1 Zoll breit, so daß die Mitte desselben so hoch wie das Centrum des Spiegels; in ihm befinden sich, dem Spiegel gegenüber, 2 Thermometer, horizontal einander entgegengesetzt; die Kugel des einen im Brennpunkt des Spiegels Nro. 2, die Kugel des andern Nro. 3, ¹/₂ Zoll von der andern entfernt, war durch etwas Pappe, das an seine Scale befestigt war, geschützt. Die Leiste fing etwas Wärme auf. Als aber der Apparat einem gut geheizten Ofen genähert worden, stieg das Thermometer Nro. 2 im Focus in Einer Minute von 52 Grad auf 91, das bedeckte Nro. 3 nur auf 53.

Da diese Hitze zu groß war, so nahm Herschel das gehörig erhitzte — (aber dunkle) — Eisen, was oben bey den Glühver-

suchen in C gebraucht worden, und stellte es in 12 Zoll Entfernung vom Spiegel, in dessen Brennpunkt Nro. 2 sich befand, er bedeckte abwechselnd den Spiegel und ließ ihn wieder offen, und erhielt folgende Ergebnisse.

Dunkle Wärme vom Hohlspiegel reflektirt.

Zeit.	Gang des Thermom. Nro. 2.
Spiegel bedeckt 0	61
unbedeckt 1	68
bedeckt 2	61
unbedeckt 3	64
bedeckt 4	59
unbedeckt 5	61½
bedeckt 6	58

(2) Wärme-Verminderung beym Durchgang der dunkeln Wärme durch diaphane Mittel.

Der Apparat ist folgender. Die beyden Thermometer stehen in einer Büchse von 12 Zoll Länge, 3½ Breite, 3 Tiefe, welche nach ihrer Länge in zwey Theile getheilt ist; am Ende jeder Theilung ist ein Loch, ¾ Zoll im Durchmesser; die Thermometerkugel in jeder Theilung ist 1 Zoll von der Außenseite der Büchse entfernt, vier Zoll der Büchse sind oben, zunächst bey den Löchern bedeckt: ein kleines Leistchen und eine Feder dienen, um den zu untersuchenden Körper vor das Loch zu bringen; zwey Schrauben sind vornen, um die Stellung der Thermometer genau nach der Wirkungslinie zu berichtigen. — Zur Hervorbringung der dunkeln Wärme bediente sich Herschel eines eisernen Ofens mit 4 flachen Seiten, nirgends war Licht sichtbar; er stand an der Wand, so daß die Rauchabzugsröhre keine Wärme ins Zimmer ausstreute. — Die Büchse mit den Thermometern wird in eine Vorrichtung von 12 Backsteine eingeschlossen, welche sie von den beyden Seiten, und einen Theil von Oben und von Vornen schützen, wo bloß eine Oeffnung gelassen ist, daß die Büchse durchgeschoben wird, bis die oben erwähnten Schrauben an der Ofenplatte anstehen, dann sind nach gehöriger Berichtigung die vordern Seiten der Thermometer-Kugeln 1⁴⁄₁₀ Zoll von dem heißen Eisen entfernt.

Die Versuche sollten Anfangs 5 Minuten lang dauern; aber es fand sich ungeachtet der Anwendung der Backsteine, ungeachtet man sie doppelt hatte, daß man abwechseln konnte, um wieder abzukühlen, und obgleich nie einer sehr heiß geworden war, doch so viel Wärme in die Büchse drang, daß, wenn sie herausgenommen worden, abkühlungshalber die beyden Thermometer noch immer stiegen, im Durchschnitt um 2 Grad; daher wurden nun die Verhältnisse nach der Wirkung im Verlauf von 3 Minuten bestimmt.

Folgende Tafel enthält die Resultate dieser wie der vorhergehenden Versuche.

Tafel über die Wärme-Verminderung beym Durchgang des Kerzenlichts, der Kohlenfeuerwärme, der dunkeln Wärme durch durchsichtige Körper. Die Licht-Verminderung für Kerzenlicht ist beygefügt.

Stoffe.	Kerzenlicht.	Kohlenfeuer.	Dunkle Wärme.	Licht.
Bläulichweißes Glas .	625	750	700	86
Flintglas	591	750	533	34
Kronglas	636	722	783	203
Kutschenglas . . .	458	714	625	168
Isländischer Crystall .	516	756	726	150
Talg	375	713	615	
Sehr dunkelrothes Glas	636	613	—	
Dunkelroth Glas . .	526	573	630	
Orange-Glas . . .	560	643	524	
Gelb Glas . . .	583	685	531	
Blaßgrün	500	688	632	
Dunkelgrün . . .	739	745	700	
Bläulichgrün . . .	652	696	556	
Blaßblau . . .	609	676	548	
Dunkelblau . . .	619	704	632	
Indigo	679	721	659	
Blaß Indigo . . .	571	655	700	
Purpur	520	679	730	
Violett	500	615	684	
Kronglas, auf einer Seite rauh	741	723	773	
Kutschglas ebenso .	667	758	741	
Kronglas, auf beyden Seiten matt . .	615	791	833	
Kutschglas ebenso .	680	854	769	
Die zwey ersten zusammen	720	849	—	
Die zwey letzten zusammen	667	897	—	
Die 4 letzten zusammen.	870	902	—	
Olivenfarbig Glas.	792	849	636	
Weiß Papier . . .	792	912	535	
Weiß Linnen . . .	690	910	457	
Weiß Persian . . .	595	829	—	
*) Schwarz Musselin.	565	706	—	

Ehe die theoretischen Ansichten Herschels über diese Versuche mitgetheilt werden können, ist es passend seine Versuche und Ap-

*) S. Anmerkung 15.

parat, mit dem er ähnliche Untersuchungen in Beziehung auf das Licht angestellt, und deren Resultate in den oben mitgetheilten Tafeln zur Vergleichung mit aufgenommen worden, zu erklären.

Der Apparat nach Bouguer für Transmission und Abstrahlung ist folgender:

Auf einem Brett, 14 Fuß lang und 6 Zoll breit, sind zwey Leisten, einen Zoll im Gevierten befestigt; darin bewegen sich (wie in Nuten) zwey Brettchen vorwärts und rückwärts, auf denen zwey Flügel befestigt sind, der eine zur Rechten, der andere zur Linken, aber so, daß wenn sie sich in der Mitte begegnen, sie nur ein Stück scheinbar ausmachen. Beyde sind mit schönem weißen Papier bedeckt.

Beyde werden von einer Lampe beleuchtet, und vermittelst beyder Augen zugleich betrachtet durch 2 Löcher, wovon das eine offen und das andere mit den zu untersuchenden durchsichtigen Stoffen bedeckt ist. Dieß geschieht auf folgende Weise:

An einem Ende des Bretts ist ein cirkelförmiges Stück befestigt; es hat einen parallelogrammförmigen Ausschnitt, in welchen verschiedene Einsätze — je nach der Absicht des Versuchs — gefügt werden können, diese haben zwey Löcher, 1½ Zoll von Mittelpunkt zu Mittelpunkt entfernt, und ¾ Zoll Durchmesser. Gegen dieses Holz oder hölzernen Schirm und dicht über der Oeffnung ist eine Lampe in Laterne befestigt. Sie ist unten offen, um freyen Luftzug für das Licht zu erhalten, sonst ist sie wie eine Blendlaterne, daß das Zimmer ganz dunkel bleibt; gegen die Flügel zu hat die Laterne ein Schieberthor von Zinnblech, worinn sich eine Oeffnung in Parallelogramm-Form befindet, mit einer Röhre von 5 Zoll Länge und gleicher Figur bedeckt. Nach den Umständen müssen zwey oder drey solche Oeffnungen mit den dazu gehörigen Röhren angewendet werden, wie es die Versuche mit sich bringen, doch wird die erste für die meisten hinreichen.

In einer runden Scheibe von Pappe ist ein der Berichtigung fähiges Loch; durch dieses schaut der Beobachter bey den Versuchen mit dem einen Auge durch die eine Oeffnung im oben beschriebenen Schirm, mit dem andern durch das andere. Diese Scheibe wird getragen von einem schmalen Arm, der ungefähr 3 Fuß weit vom Schirm an herausragt.

Eine Schnur ohne Ende, um einen der Flügel in Bewegung zu setzen, läuft über eine Rolle, welche an dem andern Ende des Bretts befestigt ist, und ist fest an der Rückseite des Flügels; von der Rolle an läuft sie unterhalb des langen Bretts fort gegen den Arm zu, an welchem nahe beym Beobachter eine zweyte Rolle befestigt ist, sie läuft über diese und oberhalb des Bretts fort, und ist vornen an dem Flügel befestigt. (Im

Schirm sind die gehörigen Oeffnungen, damit die Schnur durchlaufen kann.)

An der Seite des langen Bretts ist eine Scala von zehn zu zehn Zollen, der Nullpunkt ist am Ort der Flamme, sie geht bis 160; mit einem Cirkel werden dann die Distanz des Flügels von der letzten Eintheilung an vollends mit hinlänglicher Genauigkeit gemessen.

Die Versuche werden mit diesem Apparat, über den Lichtverlust beym Durchgang durch verschiedene Mittel, und über die Menge des abgestrahlten Lichts also angestellt. Bey der Untersuchung über den Lichtverlust setzt man den durchsichtigen Stoff auf eines von den Löchern in dem Einsatz; man sieht hierauf durch diese beyde nach beyden Flügeln, und nähert hierauf den Flügel, welchen man durch den vorgelegten Stoff betrachtet, so lange der Lampe, vermittelst der Schnur ohne Ende, bis er eben so hell erscheint, als der durch die unbedeckte freye Oeffnung betrachtete. Dann ist das Verhältniß der durchgelassenen Lichtmenge gleich dem Verhältniß der Quadrate der auf der Scale gemessenen Distanzen der Flügel von der Lampe; weil die beleuchtende Kraft sich nach den quadratischen Verhältnissen regelt.

Einige Uebung ist nöthig, besonders bey der Untersuchung gefärbter Gläser; denn es trifft sich oft, daß beyde Gläser in beyden Augen gleichgefärbt erscheinen, gleichsam ein Mittel aus den Erscheinungen in beyden Augen.

Wenn Gläser zu undurchsichtig sind, kann man sie nicht direkt bestimmen; weil der bewegliche Flügel sonst zu nahe an die Lampe gerückt werden müßte, dieß würde dann einen zu großen Unterschied zwischen dem Einfalls- und Reflexwinkel für beyde Flügel hervorbringen.

Bey den Versuchen über die Abstrahlung des Lichts, bleiben die Oeffnungen dem Licht frey, und der zu untersuchende Körper wird auf den einen Flügel gelegt, der dann näher gerückt wird, bis beyde Flügel beyden Augen gleich hell erscheinen. Folgendes sind die Resultate der Versuche.

Tafel über den Durchgang des Lampenlichts durch diaphane Stoffe.

Stoffe.	Durchgegangene Strahlen.	Aufgehaltene.	Stoffe.	Die Strahlen gehen durch.	Werden aufgehalten.
Bläulich weiß Glas	914	86	Zwey Gläser Leere Röhre	796	204
Flintglas	966	34	Quellwasser	789	211
Kron-Glas	797	203	Seewasser	712	288
Kutsch-Glas	832	188	Weingeist	776	224
Isländ. Crystall	850	150	Gin (Wachholderbranntw.)	374	626
Talg	910	90	Branntwein	3,81	996
Leicht calcinirbarer Talg	712	288	Kronglas eine Seite matt.	146	854
Sehr dunkel Glas	0,1535	999,9	Kutschglas ebenso	115	885
Roth Glas	0,18		Kronglas beyde Seiten matt.	68,5	932
Dunkelroth Glas	0,188	999,8	Kutschglas ebenso	54,2	946
Orange-Glas	221	779	Die 2 ersten vereint	31,58	969
Gelb Glas	681	319	Die 2 nächsten vereint	20,8	979
Blaßgrün Glas	465	555	Die 4 ersten vereint	4,56	995
Dunkelgrün Glas	51,1	919	Olivfarbig in Glas gebrannt	16,0	984
Bläulichgrün Gl.	231	769	Calcinirter Talg	3,45	997
Blaßblau Glas	316	684	Weißes Papier	5,56	994
Dunkelblau Glas	199	801	Linnen	48,3	952
Indigo-Glas	0,281	999,7	Weiß Persian	84,1	916
Blaß Indigo-Glas	2,18	978	Schwarzer Musselin.	263	737
Purpur-Glas	6,75	993			
Violett-Glas	45,2	955			

Tafel über die Abstrahlung des Lampenlichts von verschiedenen Stoffen.

Stoffe.	Abgestrahlte Lichtmenge.	Stoffe.	Abgestrahlte Lichtmenge.
Weiß Papier . . .	1000	Weiß Musselin . . .	827
Visiten-Karte . . .	1000	Roth Papier . . .	158
Weiß Linnen . . .	1008	Tief gelbes Papier . .	513
Weiß Kattun . . .	1054	Blaß gelbes Papier .	621
Weiß Chamois-Leder auf der glatten Seite .	1228	Orange-Papier . . .	619
		Gelb Papier . . .	824
Weiß Wollen . . .	620	Blaß grün Papier .	549
Weiß Persian hängend .	671	Dunkelgrün Papier .	308
— — auf weißlich braunem Papier	719	Blaßblau Papier . .	665
		Dunkelblau Papier . .	149
— — auf weiß. Persian	818		

Stoffe.	Abgestrahlte Lichtmenge.	Stoffe.	Abgestrahlte Lichtmenge.
Indigo, mit einem starken Glanz . . .	114	Schwarz Musselin, auf schwarzem Musselin .	18
Dunkel Violett . .	75	Schwarz Wollen . .	16
Braun Violett . .	101	Schwarzer Sammet .	7
Schwarz Violett mit starkem Glanz . .	420	Zinnfolie	8483
Schwarzer Satin . .	102	Eisen	10014
Schwarz Musselin, hängend	64	Kupfer	13128
		Messing	43858
		Goldblattpapier . . .	124371

Herschel stellt hierauf, um theoretische Ansichten einzuleiten, die Frage ob Licht und Wärme durch einerley oder durch verschiedene Strahlen hervorgebracht werden.

Entschieden ist durch die Versuche über den Brennpunkt der unsichtbaren Sonnenstrahlen, in welchem das Thermometer in einer Minute um 21 Grad stieg, (Siehe oben A, 2) ferner durch die ganze Untersuchung über den Gang der Wärme im sichtbaren und unsichtbaren Sonnenbilde (Fig. 1), daß Wärme ohne Licht wirksam ist; dasselbe ist erwiesen durch die Versuche (E, 1) über die dunkle Wärme des Ofens, welche in einer Minute, vom Hohlspiegel reflectirt, das Thermometer um 39 Grad hob.

Die Natur ist nicht gewohnt, bemerkt sodann Herschel, einen und denselben Mechanismus bey mehreren Sinnen anzuwenden, zum Beweis dienen die Schwingungen beym Schall; die Ausflüsse beym Geruch; die Theilchen, welche Geschmack hervorbringen, der Widerstand oder die repulsiven Kräfte, welche das Gefühl begleiten — alle sind angemessen. Sollte der feinste aller Sinne, das Gesicht und der gröbste, das Gefühl für Wärme einerley Mechanismus haben?

Vergleicht man die Resultate in den Tafeln in Beziehung auf Licht und Wärme, Wärme der sichtbaren und unsichtbaren Strahlen untereinander, so ergibt sich, daß auch die — nach bereits erwiesenen unsichtbaren Wärmestrahlen — einzige übrige Hypothese unhaltbar ist, nämlich die Hypothese, daß einige der Wärmestrahlen zugleich auch die Eigenschaft haben, Licht hervorzubringen. Herschel erweist die Unhaltbarkeit derselben sehr ausführlich; mehrere Versuche einer genauen Berechnung unterwerfend; wobey allerdings die Berücksichtigung dreyer verschiedener Strahlungen vermittelt wird; nämlich der Wärmestrahlen, die sammt und vermischt mit den leuchtenden kommen; die unsichtbaren, drittens die sichtbaren, die zugleich Wärme nach der eben aufgestellten Hypothese erzeugen.

Die Vergleichung der Versuche, z. B. über bläulichweiß-, Flint- und Kronglas; über das dunkelrothe Glas, das violette blaue; ebenso die Flüssigkeiten, der unsichtbaren Sonnenstrahlenhitze

und der vom rothen Lichte — stimmen, wenn man auch andere Hülfshypothesen annehmen wollte — nicht mit der, daß das sichtbare und unsichtbare Strahlen von Wärme vermischt seye in einem gewissen Verhältniß. Im Verlaufe dieser Untersuchungen kommt das Verhältniß der erwärmenden Kräfte des sichtbaren farbigen Sonnenbilds, und des unsichtbaren zur Bestimmung. Im Brennpunkt der großen Dollondschen Brennlinsen (oben A 2) stieg das Thermometer.

Vom farbigen Sonnenbild um 120°
Vom unsichtbaren, in $^1/_{10}$'' Entfernung um 45°
Vom unsichtbaren, in $^2/_{10}$'' 21°

Dieß gäbe also das Verhältniß 120 zu 45 oder 727 zu 273, als das Verhältniß der wirklich als unsichtbar erwiesenen Wärmestrahlen zu den sichtbaren; dieß Verhältniß stimmt aber nicht mit andern Versuchen: die Verhältnisse des Licht- und Wärmedurchgangs durch matte und doppelmatte Gläser widersprechen gänzlich irgend einem Verhältniß der sichtbaren Wärmestrahlen und der unsichtbaren. Noch entschiedener ist nach Herschel der Versuch mit dem dunkeln rothen Glas, wobey er sich auf photometrische Versuche beruft, die er über die den Durchgang der einzelnen farbigen Sonnenstrahlen durch verschieden gefärbte Gläser angestellt hat. Denen gemäß läßt rothes Glas alle rothen Lichtstrahlen durch; es läßt eben so gemäß der Tafel alle (erwiesen) unsichtbaren durch, und doch soll es gemäß derselben Tafel 692 sichtbare Wärmestrahlen aufhalten. „Dieß ist ein direkter und einfacher Beweis, daß — beym rothen Glas — Licht durchgeht, Wärme aufgehalten wird; die Licht und Wärmestrahlen haben also nichts gemein als einen gewissen gleichen Grad von Brechbarkeit."

Sodann wird noch ein anderer Grund angeführt, daß Licht und Wärmestrahlen unwidersprechlich verschieden sind. Es ergab sich nämlich aus den Versuchen, daß die aufgehaltene Menge der Sonnenwärme (kleine Unregelmäßigkeiten abgerechnet, welchen alle Versuche unterworfen sind) beständig größer war in der ersten, 2ten, 3ten Minute, als in der 4ten und 5ten; oder genauer zu reden, näher dem Anfang der 5 Minuten (so lang dauerte nämlich der Versuch) als dem Ende. Licht, so viel wir bemerken können, leitet sich augenblicklich durch; also sind die Gesetze der Durchleitung verschieden, also auch die Strahlen selbst.

Ebenso ergibt sich aus den Versuchen über mattgeschliffene Gläser, daß eine ganz verschiedene Wirkung in Beziehung auf Licht und Wärme entsteht, z. B. bey Kronglas steigt der Wärmeverlust, wenn es matt geschliffen, um 205, der Lichtverlust aber um 651.

Die Versuche über den Wärmeverlust bey Kerzenlicht, Kohlenlicht, dunkler Wärme, verglichen mit dem Lichtverlust beweisen nach Herschel erstens, daß es wirklich — wenigstens im Ker-

zenlicht — unsichtbare Wärmestrahlen gibt; denn das bläulich weiße Glas hält auf 86 Lichtstrahlen und 625 Wärmestrahlen. Zweytens, daß zwischen der Menge der aufgehaltenen Wärmestrahlen und den aufgehaltenen Lichtstrahlen durchaus kein bestimmtes Verhältniß stattfindet, und keines sich auch findet, wenn man das Verhältniß der unsichtbaren Wärme herbeiruft; oder kürzer es ist kein bestimmtes Verhältniß zu finden, nach welchem die unsichtbaren Wärmestrahlen mit den sichtbaren gemischt wären, sie sind also ganz unabhängig von einander; jedes folgt seinen eigenthümlichen Gesetzen. Das bläulich gelbe gibt, nach der Tafel berechnet, das Verhältniß der unsichtbaren zu den sichtbaren 878:122, und ihre vereinigte Wirkung ist, daß 625 Wärmestrahlen aufgehalten werden. Ein anderes Verhältniß gibt das Purpur, ein anderes die Olivenfarbe; andere geben gar kein Verhältniß der Mischung, das den Erscheinungen entspricht. Daraus folgt auch, daß die dunkle Wärme des Ofens, und die unsichtbare der Flamme nicht in dem geringsten Zusammenhang stehen.

Noch sey mir erlaubt aufmerksam zu machen, wie wenig auch bey der Vergleichung der Wärme-Modificationen beym Sonnenlicht, und für die irdische Wärme der Lampe, des Feuers, etwas Gemeinschaftliches, ein bestimmter paralleler Gang von etwaigen Verhältnissen sich aus den Tafeln herleiten lasse.

Was Herschel über die Newtonische Farbenansicht, was er über den Zusammenhang der sich entwickelnden Sonnenflecken mit den Entwickelungen der Erde und ihrer Fruchtbarkeit abgehandelt, darüber wird im 2ten Theile die Rede seyn.

Anmerkungen.

Anmerkung A. Seite 172.

Dieses VI. Buch beziebt sich auf folgende Abhandlungen Herschels.

Description of the Micrometer for taking angles of position. (Beschreibung des Mikrometers für Stellungswinkel. Sie ist der Abhandlung über den Georgsstern vom 26. April 1781 beygefügt.

Description of a Lamp-Micrometer, and the method of using it; by W. Herschel. Read January 31. 1782. (Beschreibung eines Lampenmikrometers, und der Methode seines Gebrauchs. Gelesen den 31. Jan. 1782.)

A paper to obviate Some doubts concerning the great magnifying powers used by Mr. Herschel. To Sir Joseph Banks. (Abhandlungen einigen Zweifeln zu begegnen in Betreff der starken von Herschel angewandten Vergrößerungen, an Herrn Joseph Banks. Sie befindet sich in den Philosoph. Transaction v. Jahr 1782.)

On the Diameter and magnitude of the Georgian Planet; with a description of a lucid disk and Perifery Micrometer. Read Nov. 7. 1782. (Ueber den Durchmesser und die Größe des Georgssterns; sammt Beschreibung eines Mikrometers mit erleuchteten Scheiben und Ringen. 7. Nov. 1782.)

Investigation of the cause of that Indistinctness of Vision, which has been ascribed to the Smalness of the optic Pencil. Read. Jun. 22 1786. (Untersuchung über die Ursache derjenigen Undeutlichkeit des Sehens, welche man der Kleinigkeit des optischen Strahlenpinsels zuschrieb. 22 Juni 1786.)

On the power of penetrating into Space by telescopes; with a comparative determination of the extent of that power in natural vision, and in telescopes of various Sizes and constructions; illustrated by select observations. Read Nov. 21. 1799. (Ueber die Kraft der Teleskope in den Raum zu dringen; sammt einer vergleichenden Bestimmung für die Ausdehnung dieser Kraft, beim natürlichen Sehen und bey Teleskopen von verschiedener Größe und Bau; erläutert durch eine Auswahl von Beobachtungen. Nov. 21. 1799, befindet sich in den Philosoph. Transact. vom Jahr 1800.)

Investigation of the prismatic colours to heat and illuminate objects; with Remarks, that prove the different Refrangibility of radiant heat. To which is added, an inquiry in to the Method of viewing the Sun advantageously, with telescopes of large apertures and high powers. 1800 March. 27. (Untersuchung über die erwärmende und erleuchtende Kraft der prismatischen Farben; sammt Bemerkungen, welche die verschiedene Brechbarkeit der strahlenden Wärme erweisen. Beygefügt sind Betrachtungen über die Methode die Sonne mit Teleskopen von starken Vergrößerungen und Oeffnungen vortheilhaft zu beobachten den 24 März 1800.)

Experiments on the refrangibility of the invisible Rays of the Sun. 24 April 1800.

(Versuche über die Brechbarkeit der unsichtbaren Sonnenstrahlen 24. April 1800.)

Experiments on the solar and terrestrial rays that occasion heat. P. I. 15. Mai 1800.

(Versuche über die Strahlen aus der Sonne und aus irdischen Gegenständen, welche Wärme erzeugen. 1ster Theil den 15 Mai 1800).

Experiments etc. P. II. 6 Nov. 1800 with a comparativ View of the laws to which light and heat — or rather the rays that occasion them — are Subject, in order to determine whether they are the same or different.

(Versuche 2. Theil den 6 Nov. 1800 sammt einer vergleichenden Uebersicht über die Gesetze, welche Licht und Wärme — oder vielmehr die sie erzeugenden Strahlen — befolgen, um zu bestimmen, ob sie einerley oder verschieden sind.)

Additional Observations, tending to investigate the Symptoms of the variable emission of the light and theat of the Sun; with trials to let aside darkening glasses by transmitting the Solar Rays through liquids; and a few Remarks to remove objections, that might be made against some of the arguments contained in the former Paper. May 14. 1801.

(Nachträgliche Beobachtungen in Beziehung auf die Symptome bey veränderlicher Ausstrahlung von Licht und Wärme aus der Sonne; sammt Proben mit Hinweglassung der Blendgläser, die Sonnenstrahlen durch Flüssigkeiten zu leiten, und einigen Bemerkungen, mögliche Zweifel gegen einige Gründe, in einer vorhergehenden Abhandlung, betreffend. 14 Mai 1801.

Observations of the Transit of Mercury; to which is added an investigation of the causes which often prevent the proper action of Mirrors, Febr. 10. 1803.

Beobachtungen des Merkurdurchgangs; beygefügt ist eine Untersuchung der Ursachen, welche oft die angemessene Wirkung der Spiegel hindern 10. Febr. 1803.

Experiments for ascertaining how far telescopes will enableus to determine very angles, and to distinguish the real from the spurious diameters of celestial and terrestrial objects, with an application Mr. Harding lately discovered star. Dec. 6. 1804.

(Versuche um auszumitteln, wie weit wir im Stande sind, mit Teleskopen sehr kleine Winkel zu bestimmen, und die wahren und falschen Durchmesser bei himmlischen und irdischen Gegenständen zu unterscheiden, den 6ten Dec. 1804. findet sich in den philosoph. Transact. v. Jahr 1805.)

A series of Observations of the Satellites of the Georgian Planet — — — with an introductory account of the telescopic apparatus, that has been used on this occasion — — Jun. 8. 1815.

(Beobachtungen der Georgssterns-Trabanten — — sammt einer einleitenden Nachricht über den teleskopischen Apparat der dabei angewandt worden den 8 Juni 1815.)

Description of a fourty feet reflecting Telescope. 11. Jun. 1795: (Beschreibung eines 40füßigen Spiegelteleskops. 11 Jun. 1795.)

Anmerkung 1. S. (213.)

Anmerkung über den Durchmesser der Pupille. In der Abhandlung vom 19. Jun. 1817 theilt Herschel folgende Versuche mit. Den 27. Decb. 1801 sah er nach den Stern Wega in der Leyer, das eine Auge geschlossen, das andere mit einem Stückchen Messing bedeckt, worin Oeffnungen von verschiedener Größe; mit 0,28 Zoll Oeffnung sah er den Stern so gut als ohne alle Blendung. Mit 0,24; 0,21 sah er ihn noch eben so gut; das Stückchen Messing wurde so nahe als möglich an das Auge gehalten. Er versuchte sodann die Oeffnung 0,17 Zoll, hiebey ward einige Abnahme von Licht verspürt; die Nacht ist aber wohl nicht dunkel genug für eine große Ge-

nauigkeit. — Nachdem er lang im Dunkeln gewesen war, probirte er mehrere Oeffnungen, größere und kleinere, und alle stimmen darin überein, daß 0,21 nicht merklich Licht aufhält; daß eine geringere Oeffnung den Gegenstand wohl etwas minder hell zeigt; Herschel setzt also die Oeffnung seiner Pupille 0,2 Zoll.

Anmerkung 2. S. 216.

Beobachtungen des Saturns mit dem 20füßigen und 40füßigen 1791. 5. Nov. Im 20füßigen ist der fünfte Trabant sehr klein; die 5 ältern und der neu entdeckte 6te befinden sich an ihren berechneten Orten. — Im 40füßigen sieht man den 6ten Satelliten viel besser als im 20füßigen, auch der 5te ist viel größer; in jenem war er beynahe so groß wie ein kleiner Fixstern, in diesem war er beträchtlich größer. Die überwiegende Kraft zeigte sich hier am 6ten Trabanten, welches ein sehr zarter Gegenstand ist; da er auch beträchtlichere Vergrößerung hatte, zeigte er auch die Scheibe des 5ten größer; aber der kleine Stern, der jenseits aller Vergrößerung ist, gewann bloß durch die raumdurchdringende Kraft. 1791. 21. Nov. 40füßiger mit 370facher Vergrößerung. Die schwarze Theilung mit dem Ring ist so dunkel als der Himmel um den Saturn, und von der nämlichen Farbe. — Der Schatten des Saturnkörpers ist auf dem Ring östlich sichtbar, seine Farbe ist sehr verschieden von der dunkeln Theilung, der fünfte Satellit ist kleiner als der dritte, ja sogar als der zweite.

20füßiger mit 300facher Vergrößerung. Der dritte Satellit scheint kleiner zu seyn als die vorvorige Nacht, der vierte scheint größer als er den 19ten war. Dieß Fernrohr zeigt den Satelliten nicht ganz so gut als der 40füßige.

Da die Vergrößerung fast gleich war, so ist der Vorzug des 40füßigen der raumdurchdringenden Kraft zuzuschreiben.

Anmerkung 3. S. 216.

Der Herausgeber hat hier die Zahlen, gemäß der spätern Bestimmung Herschels, nach welcher das unbewaffnete Auge in 12 Siriusweiten reicht verändert, so wie auch oben für des Sternhaufens erreichbare Tiefe, wo ein Rechnungs-Schreibfehler sich fand.

Anmerkung 4. S. 218.

Die Verbindung der vergrößernden und raumdurchdringenden Kraft nennt die Abhandlung vom Jahr 1815 die wirksame (effektive) Kraft, bei Gelegenheit der Uranustrabanten.

Anmerkung 5. S. 219.

Folgendes ist die Uebersicht der Blendungen, welche Herschel vorschlägt.

Ein Stern von der Ordnung der Distanz	Geblendet auf	Gibt einen Stern von der Ordnung der Distanz
1 . . .	1/4 . .	 2
	4/9 . .	 3
2 . . .	1/4 . .	 4
	9/25 . .	 5
3 . . .	1/4 . .	 6
	16/49 . .	 7
4 . . .	1/4 . .	 8
	25/81 . .	 9
5 . . .	1/4 . .	 10
	36/121 . .	 11
6 . . .	1/4 . .	 12

Auch

Auch die Blendungen $^{9}/_{16}$, $^{16}/_{25}$, $^{36}/_{49}$, $^{64}/_{81}$, $^{100}/_{121}$ gibt er als brauchbare an. Kreisförmige Blendungen sind besser als geradlinige, die man sich nähern und entfernen kann, weil da Beugungen statt finden. — Mit Arctur versuchte er die Blendungen $^{1}/_{4}$, $^{1}/_{9}$, $^{1}/_{16}$, $^{1}/_{25}$, $^{1}/_{36}$, $^{1}/_{49}$, es ergab sich aber, daß die verschiedenen falschen Durchmesser, welche bey kleinen Oeffnungen eintraten, Schätzung über das, was man gemeinhin Größe der Sterne nennt, unmöglich machten.

Anmerkung 6. S. 222.

Ueber die Tiefe der Sterne im Weltraume.

Aus diesen Erfahrungen über die Gleichstellung des Sternlichts ergibt sich zuerst, daß Herschels Ansicht von der absoluten Helligkeit, wie sie in §. 1. 1) entwickelt worden, unmittelbar sich bewahrheitet. Sterne haben für unser Auge keinen Durchmesser, also hängt ihre Lichtstärke im Teleskop so wie im unbewaffneten Auge bloß von der Entfernung ab (unter Voraussetzung einer innern mittleren Gleichheit derselben). Man könnte sodann wünschen, daß Herschel seine Reihen mit dem 7füßigen Fernrohr allmälig fortgesetzt hätte, bis er einen Stern im Sternhaufen erblickt; welch interessanter Aufschluß, insbesondere zur Vergleichung mit der Methode des Unsichtbarwerdens im Fernrohr, die er wählte. — Eben so hätte die Methode vermittelst zweier Fernröhren von verschiedener bekannter raumdurchdringender Kraft eine Bestätigung gegeben; denn wann kommt wieder ein Beobachter wie Herschel, ausgerüstet wie Er mit jeder Kraft der Instrumente? — Eine wichtigere Frage betrifft die falschen Durchmesser, die das Fernrohr gibt, und die falschen Durchmesser die wahrscheinlich auch das Auge (wenigstens nicht das absolut gesunde) gibt. Wenn von diesem auch das Gefühl der Helligkeit abhängt, so treten die Fragen ein, ob alle Sterne einerley falschen Durchmesser verhältnißmäßig haben, und ob die Vergleichung zwischen dem unbewaffneten Auge, wie Herschel gethan, unmittelbar stattfinde. Noch ist zu bemerken, daß das Verschwinden eines Sterns für das unbewaffnete Auge etwas Veränderliches bey sich führt. — Endlich könnte man dem Begriff sehen noch eine Bestimmung geben. Man sieht eigentlich nur den Unterschied zwischen Licht und Finsterniß, z. B. in der Astronomie den hellen Stern auf dem dunkeln Himmelsgrunde, den Sonnenflecken auf der hellen Scheibe. Je größer dieser Unterschied, desto kleiner kann der Durchmesser des noch sichtbaren Gegenstandes seyn. So sah Herschel äußerst zarte Doppelsterne manchmal nur besser mit starker Vergrößerung, die den Himmel dunkler machte, und (wie weiter unten bemerkt wird) sah er ein Schwefelkügelchen von 2 Zehntel Sekunden nur dann im Teleskop deutlich, wenn es sich (nicht auf die Atmosphäre sondern) auf ein dunkles Papier projicirte.

Anmerkung 7. S. 227.

„Aus der Abhandlung von 1814 möge hier die Charakteristik der 3 größern Herschelschen Werkzeuge stehen.“ Ein 40füßiges Teleskop soll nur zur Untersuchung von Gegenständen gebraucht werden, welche andere Werkzeuge nicht erreichen. Durch ein größeres Instrument beobachten als nöthig ist, heißt Zeitverlust, die ein Astronom besonders in einer schönen Nacht sparen muß; dabey muß man wissen, daß die Gelegenheit, von dem 40füßigen Gebrauch zu machen, wegen zweyer wesentlicher Umstände sehr selten ist. Der erste ist, die veränderliche Temperatur der Atmosphäre, wodurch der Spiegel öfters an der Oberfläche mit verdichteten Dünsten sich beschlägt, dadurch manche Stunden unbrauchbar wird; oder bei kaltem Wetter, wenn es ganze Nächte darauf gefriert, oder ganze Wochen, denn das Eis kann nicht mit Sicherheit weggenommen werden als bey all-

gemeinem Thauwetter. Das zweyte ist, daß, ungeachtet aller ordentlichen Sorgfalt, die Politur eines Spiegels wie des 40füßigen, der Luft ausgesetzt, auch bey sorgfältiger Bedeckung, seinen gehörigen Glanz und Zartheit nur etwa 2 Jahre behält. — Das 20füßige Fernrohr hat in Rücksicht des mäßigen Gewichts seines Spiegels und der verhältnißmäßigen hölzernen Röhre den großen Vorzug, daß bey gehöriger Vorsicht er bey jeder Temperatur gebraucht werden kann. Bisweilen hat doch ein plötzlicher Wechsel der Temperatur von Kalt zu Warm des Morgens den Beobachtungen ein Ende gemacht. Der Spiegel behält seine Politur mehrere Jahre; wenn man einen zweyten hat, ist das Instrument immer bereitet. — Das große 10füßige ist auch in bedeutendem Grade den Hindernissen, die von Wechsel der Temperatur und Rost herrühren, ausgesetzt; da man ihn aber in wenigen Minuten nach jeder Himmelsstelle richten kann, und er auch für Beobachtungen leicht hergerichtet ist, ist er ein sehr nützliches Werkzeug bey fliegenden Wolken, oder zur Ortsbestimmung eines Gegenstandes, der im Finder oder Nachtfernrohr nicht sichtbar ist. — In der Abhandlung von 1815 zieht Herschel ein 20füßiges auch darum dem 40füßigen vor, daß es sich leichter nach der Temperatur annimmt.

Anmerkung 8. S. 230.

Das größte Hinderniß starker Vergrößerungen nennt Herschel in der Abhandlung über die Parallaxe der Fixsterne — die tägliche Bewegung des Himmels; und die Grenze, die wir erreichen können, hält er in der Abhandlung von 1800 über die raumdurchdringende Kraft nur so groß, als wir mit einem 25füßigen erreichen können (höchst günstige Nächte ausgenommen, wo die Vergrößerung gar keine Grenze zu haben scheint); der Grund ist, weil die Vergrößerung der hindernden Luftschichten wie ihre Basis, das heißt wie der quadrirte Durchmesser des Spiegels, zunimmt; die raumdurchdringende Kraft aber nur wie der Durchmesser des Spiegels oder der Oeffnung des Teleskops.

Anmerkung 9. S. 230.

Ohne Zweifel war Short in London, ehe Herschel auftrat, der größte Meister in Fertigung von Spiegelteleskopen; die Oeffnungen derselben scheinen auch in einem größeren Verhältnisse zu den Focallängen gewesen zu seyn. Es gibt Bernoulli in seinen „astronomischen Briefen" (lettres astronomiques Berlin 1771) einen Spiegel an von 12 Zoll Oeffnung und 10′ 10″ Brennweite; einen andern von 9″ Durchmesser der Oeffnung und 4′ 1″ Brennweite. Aber in der Uebersicht der von Shorts Werkstätte hervorgegangenen findet man erst bey einem Teleskop von 72 Zoll Brennweite eine 800fache Vergrößerung, und eine 1200fache bey 144 Zoll Brennweite.

Anmerkung 10. S. 249.

Herschels Versuche über teleskopische Blendungen.

Nro. 1. zwei rothe Gläser; die Hitze war kaum einen Augenblick auszuhalten; auch die Deutlichkeit litt. — Nro. 2. ein beräuchertes weißes Glas; ganz undeutlich; auch einige Hitze kam ins Auge, da es vorzüglich die rothen Strahlen durchließ. — Nro. 3. zwei weiße Gläser mit Pech dazwischen geben scharlachrothe Farbe, etwas Hitze, Deutlichkeit litt sehr. — Nro. 4. ein dunkelgrünes Glas, davor gegen das Auge ein rothes, der erste Blick nach der Sonne war mit einer Empfindung von Hitze verbunden. Auch Deutlichkeit litt wesentlich. — Nro. 5. dunkelgrün und blaßroth; noch zu hell; das Rothe beräuchert in einiger Entfernung und gegen das Grüne gab eine gute Blendung, aber Hitze war noch da. — Nro. 6 zwey blaßgrüne; eines beräuchert, mit der beräucherten Seite, in einem kleinen Zwischenraum, gegen das vom Aug entferntere gestellt, that vortreffliche Wirkung; aber die

Hitze die aufs beräucherte Glas (aber nicht ins Auge fiel) störte die Beräucherung und lösete sie in kleine Bläschen oder Sterne auf, durch welche Licht drang. — Nro. 7. zwey dunkelgrüne, wie in 6, gaben gute Wirkung, wurden aus gleichem Grunde auch bald unbrauchbar, obgleich bei schwächerer Beräucherung; keine Hitze war zu merken. — Nro. 8 blaßgrün und dunkelgrün wie in Nro. 5 ertrug eine Oeffnung von 4 Zoll ohne Störung, bey der ganzen Oeffnung des Fernrohrs platzte das blaßgrüne in wenigen Minuten. — Nro. 9 das Dunkelgrüne stand vor dem beräucherten, die Sonne zeigte sich auf merkwürdige Weise gut. Die Anordnung war hier verschieden, weil vermuthet worden, daß das Platzen der Gläser daher rühre, daß sie in der Mitte sich erwärmen, während die Außenseite kalt blieb, wodurch eine theilweise Ausdehnung entstehen mochte. *Herschel* schnitt sie also in Stückchen von 1/4 Zoll, und setzte drey derselben in einen Schieber, daß er sie hinter dem beräucherten Glas bewegen konnte, ohne es zu stören. Nach 3 oder 4 Minuten Betrachtung bewegte er den Schieber nach dem zweyten und dann nach dem dritten. Dadurch blieben die Gläser hinlänglich kühl; allein die Störung in der Veränderung war dem Auge hinderlich, *welches Ruhe verlangt*, und wenn er zufällig länger verweilte, platzte das Glas mit einem sehr unangenehmen Ausbruch, dem Auge gefährlich. — Nro. 10 zwey dunkelgrüne Gläser, beyde (also jedes dünner) beräuchert: die Bläschen erschienen immer noch. Nro. 11. Zwey dunkelgrüne, zwey sehr dunkelgrüne, und ein blaßgrünes zusammen. Deutlichkeit fehlte, auch war noch zu wenig Licht aufgehalten. — Nro. 12. Ein dunkelgrünes und ein blaßblaues, beräuchert; das grüne platzte. — Nro. 13 blaßblaues und dunkelgrünes beräuchert; das blaue platzte; das Auge fühlte keine Hitze. — Nro. 14 zwey blaßblaue, eines beräuchert, das erste platzte.

Daraus war nun hinlänglich erwiesen, daß kein Glas, welches die Hitze aufhält, und sie demnach in sich aufnimmt, vor dem Platzen *im Brennpunkt* des Strahlenpinsels geschützt werden kann. Der Blendungs-Apparat wurde also an *einem andern Ort* angebracht; dieß ist die Stelle, wo die Strahlen am wenigsten verdichtet sind, ohne mit den Reflexionen der Spiegel zu verkehren, unmittelbar *dicht vor dem kleinen Spiegel*. Es ward demnach eine Vorrichtung an den Arm desselben geschraubt, in welche man ein beliebiges Glas setzen konnte. — Nro. 15. Ein dunkelgrünes Glas, dicht vor dem kleinen Spiegel, und ein beräuchertes blaßgrünes im Brennpunkte (wie bisher). Man sah auffallend gut. — Nro. 16. das dunkelgrüne wie in 15; und wegen mehr Licht, ein weißes beräuchertes vor dem Auge. Besser als Nro. 15. Aber das grüne Glas platzte. — Nro. 17 ein sehr dunkelgrünes und weißes beräuchert, wie in Nro. 16; sehr deutlich; aber das grüne platzte in 6—7 Minuten. — Nro. 18. Ein dunkelblaues wie in 15 und ein weißes beräuchert, war deutlich, ohne Hitze, die Sonne erschien röthlich. — Nro. 19. Ein dunkelblaues und gelbes dicht beysammen, und ein weiß beräuchertes (wie in 15 und 18) war nicht deutlich. — Nro. 20. Ein purpurnes und weißes beräuchertes gab eine tiefe Orangefarbe, sich Scharlach nähernd; nicht deutlich. — Nro. 21. Ein orange, ein weißes beräuchert; zu rothe Farbe. — Nro. 22. Ein weißes beräuchert vor dem kleinen Spiegel und sonst keines gab eine schöne Orangefarbe, aber Deutlichkeit war gänzlich zerstört. —

Nro. 23. Da die Hitze in der Nähe des kleinen Spiegels noch immer zu mächtig für die Gläser war, richtete Herschel ein bläuliches dunkelgrünes Glas von passendem Durchmesser her, daß es *zwischen die Augengläser* eines doppelten Augeneinsatzes gestellt werden konnte. Da alles Glas Wärme aufhält, so konnte man hoffen, daß das Einschieben dieses Augenglases die Strahlen mäßigen würde, und dadurch in gewissem Maße die gefärbten Gläser schützen. Sodann wurden, an gewöhnlicher Stelle, vor das Auge zwey weiße Gläser gesetzt, mit einer dünnen Schichte Pech dazwischen. Mit dem

unbewaffneten Auge erschien die Sonne dadurch roth, deßwegen vermuthete man nichts Gutes: sie blendeten auch nicht hinlänglich, und wenn das Pech verdichtete, fehlte die Deutlichkeit. — Nro. 24. Dasselbe Glas zwischen den Augengläsern, und ein dunkelgrünes beräuchertes vor dem Auge, sehr deutlich. Diese Anordnung ist der von Nro. 15 vorzuziehen; doch platzte auch dieses nach einer beträchtlichen Zeit. — Nro. 25. Ein sehr dunkelgrünes Glas ward hinter das zweyte Augenglas gestellt, um es durch beyde zu schützen. (In Herschels Augengläsern sind beyde Linsen nahe an einander und von gleicher Brennweite.) Hier sind also die Strahlen nicht sehr concentrirt, und das farbige Blendglas fängt sie mit einer großen Oberfläche auf, und verschluckt Licht und Wärme im quadratischen Verhältniß seines jetzigen Durchmessers und desjenigen, auf den die Strahlen gefallen wären, wäre es im Brennpunkt gestanden. Aus gleicher Ursache ward nun auch ein dunkelgrünes geräuchertes Glas dicht vor das vorige gesetzt, die beräucherte Seite gegen das Auge, um noch den Rauch gegen die Hitze zu schützen, im Durchgang durch zwey Flächen gefärbten Glases; diese Anordnung hatte überdieß den Vortheil, daß das Teleskop mit Spiegeln und Gläsern vollständig alle seine Operationen vollführen kann, ehe man den Blendungsapparat anbringt, und daß der Beschädigung vorgebeugt wird, welche etwa veranlaßt wird, wenn man die farbigen und beräucherten Gläser zwischen einschiebt. — Nro. 26. Ein tief blaues und ein bläulichgrünes wie in Nro. 25 gaben der Sonne eine weißere Farbe als die vorhergehende Zusammenstellung. Es war keine unangenehme Empfindung von Hitze da, obgleich ein wenig Wärme zu verspüren war. — Nro. 27. Zwey schwarze Gläser wie in Nro. 25. Hier war keine Beräucherung, doch erschien die Sonne von heller Scharlachfarbe, und eine unerträgliche Empfindung von Hitze trat unmittelbar ein. Vermuthlich sind es sehr dunkelrothe Gläser, ob sie gleich schwarz aussehen.

Um noch ein sicheres Kriterion der Hitze zu haben, brachte Herschel Dr. Wilson's Thermometer Nro. 2 ans Ende des Augenglases, wo das Auge gewöhnlich gehalten wird; bey Nro. 25 stieg es von 34 auf 37; bey Nro. 26 von 35 auf 46, und bey Nro. 27 sehr schnell von 36 auf 95 Grade, es würde gewiß noch höher gestiegen seyn; die Scale des Thermometers ging nur bis 100 Grade, und man wollte nicht wagen, bei längerer Einwirkung des Lichts dasselbe zu zerbrechen.

Das Ergebniß ist, daß mit der Anordnung und Gläserverbindung von Nro. 25 und 26 man ungewöhnlich gut sieht, daß die Gläser während einer langen Reihe sehr interessanter Sonnenbeobachtungen (ihre Resultate sind im 3ten Buch aus der Abhandlung vom Jahr 1800 mitgetheilt) keinen Unfall erlitten haben. Doch ist es bey beträchtlichen Höhen der Sonne rathsam, die Oeffnung der Teleskope, die so viel Licht haben wie der zehnfüßige, zu verringern, oder, wobey man an Deutlichkeit gewinnt, die Sonne früher des Morgens und später des Nachmittags zu beobachten, denn die auffangende Atmosphäre wird bey geringen H[illegible]en den Glanz der Sonne gleichförmiger mäßigen, als wenn wir unsere Blendgläser beräuchern. Für Werkzeuge, die nicht so viel Licht haben, wird der beschriebene Blendungsapparat von allgemeinem Nutzen. (Aus der Abhandlung vom 27ten März 1800.)

In dem Zusatz zu der Abhandlung von 1801 hat Herschel für ein Newtonisches Spiegelteleskop noch einen andern Blendungsapparat von Flüssigkeiten vorgeschlagen, und wirklich angewandt. Ein Trog, geschlossen an beyden Enden durch zwey wohlpolirte Plangläser, wird mit Flüssigkeiten, Weingeist, Wasser, Portwein, Dinte, Mischung von grünem Vitriol mit Gallapfel-Tinktur, gefüllt und in eine hohle Röhre gestellt, an welche dann das Augenglas angeschraubt wird; das Licht geht zuerst durch die Flüssigkeit und dann erst nach den Augengläsern. (Aus der Abhandlung vom 14ten Mai 1805.)

Anmerkung 11. S. 255.

Versuche über die Erwärmung jenseits des sichtbaren prismatischen Sonnenbildes mit verschiedenen Prismen.

Der brechende Winkel des Prisma's war 61 Grad; der Thermometer Nro. 4 in der Entfernung eines halben Zolles jenseits der rothen Strahlen des Spectrums stieg in 8 Minuten von 64 auf $69^1/_2$ Grad; das Thermometer Nro. 1. ein Zoll entfernt, stieg auf $67^1/_2$; das Vergleichungs-Thermometer blieb unverändert auf $63^1/_2$ Grad. — Mit einem Prisma von 45 Grad Brechungswinkel stiegen dieselben Thermometer in gleicher Zeit von 55 Grad auf 62, auf $58^3/_4$; das Vergleichende blieb auf 55, in 10 Minuten. Es wurden die 3 Winkel eines Prisma von weißlichem Glase 63, 62, 55 gebraucht, immer begleitete das unsichtbare Wärme-Spectrum das farbige. Ebenso bey einem Kronglas-Prisma mit 30 Grad Brechungswinkel, mit einem kleinen Flintglas-Prisma von 19 Grad Brechungswinkel. Gleiches ergab sich bey einem hohlen mit Wasser gefüllten Prisma mit den Winkeln 51°, 62°30′, 66°30′, bey 62°30′ stieg das Thermometer um $1^5/_8$ Grade. Die wärmezerstreuenden Kräfte der verschiedenen Stoffe lassen sich also auch aus den obigen Versuchen annehmen.

Anmerkung 12. S. 255.

Die Versuche über den Durchgang der Wärmestrahlen durch diaphane Stoffe betreffend.

Der Apparat wurde gewöhnlich vor dem Experiment in seinen gehörigen Ort gestellt, bis die Thermometer eine feste Temperatur angenommen hatten, dazu diente ein Vergleichungs-Thermometer, das so nahe, als es anging, am Apparat stand. Nach dem Versuch — um Zeit zu gewinnen — wurde er in ein kühles Zimmer oder Luftzug gebracht, daß seine Thermometer sogar etwas tiefer standen als das Vergleichungs-Thermometer; so konnte bald der neue Versuch beginnen. — Jeder Versuch wurde 5 Minuten lang fortgesetzt. Untersucht man die Verhältnisse, nach welchen die Thermometer während dieser Zeit steigen, so ergibt sich, daß — kleine Unregelmäßigkeiten bey Seite gesetzt — zu Anfang des Versuchs eine stärkere Wärme-Verschluckung stattfindet als gegen das Ende. Man mußte aber die Zeit von 5 Minuten doch lassen, weil einige Stoffe gar wenig Wärme verschlucken; man erhält so doch eine hinlänglich genaue vergleichende Uebersicht.

Anmerkung 13. S. 256.

Die absoluten Größen der Thermometer-Aenderungen bey den Versuchen über den Durchgang der Wärmestrahlen sind im Texte nicht angegeben, sondern nur die Verhältnisse der aufgehaltenen (oder verschluckten) Strahlen. Das Thermometer stieg in reinem Sonnenlicht während der 5 Minuten ungefähr meist um 5, 6, 7 Grad, bey einigen um weniger, je nach der Temperatur, welche zu Anfang des Experiments (wie zu wünschen) nicht immer dieselbe war; — dem rothen Sonnenlicht ausgesetzt stieg das freye Thermometer um 2 bis 3 Grad, den unsichtbaren Wärmestrahlen um etwa 1 bis 2 Grade. Die absoluten Veränderungen der mit diaphanen Stoffen bedeckten Thermometer waren noch geringer, gemäß den Verhältnissen aus der Tafel.

Anmerkung 14. S. 258.

Es liegen bey dieser Tafel ursprünglich verschiedene Einheiten zu Grunde, die auf einander reducirt wurden. Die absolute Veränderung des Ther-

mometers beym Abstrahlen des reinen Sonnenlichts von weißem Papier betrug meist etwa 4 Grad.

Anmerkung 15. S. 263.

Die absoluten Wärme=Aenderungen der Thermometer beym Einfluß der freyen Wärme, und beym Durchgang der Wärme durch diaphane Mittel, waren zum Theil während der 5 Minuten, welche der Versuch dauerte, sehr gering. Das freye Kerzenlicht erhob das Thermometer um 3 bis 4 Grad, das durchgeleitete nie auf 2 Grad. — Dem freyen Kohlenfeuer ausgesetzt stieg das Thermometer um 20 bis 25, in einigen Versuchen etwas weniger, im Verhältniß also auch höher als beym Kerzenlicht, beym durchgeleiteten Kohlenfeuer. — Die dunkle Ofenwärme erhob das Thermometer meist zwischen 4 und 6 Grad.

Schlußanmerkung
über das 40füßige Teleskop.

Vorwort.

Diese Schlußanmerkung bemüht sich eine, so viel es ohne Aufwand von Zeichnungen thunlich ist, deutliche Ueberschauung gewährende Beschreibung des mit Recht als des größten optischen und mechanischen Werkzeugs der neuern Astronomie berühmten vierzigfüßigen Herschelschen Spiegelteleskops zu geben. Die gleichsam genetisch-historische Darstellung Herschels — in der Abhandlung vom Jahre 1795 — ist demnach zerlegt nach Hauptbestimmungen, also, daß zuerst das Spiegelteleskop, dann das Traggerüste, sofort die großen und feinern Bewegungen desselben, und endlich die genauern und übrigen, astronomischer Beobachtung dienenden, Apparate beschrieben werden. Damit wird sich auch der Aufwand von Kraft und Kunst nach diesen verschiedenen Rücksichten ergeben.

---

(7) Das 40füßige Spiegelteleskop, das Herschel durch die Unterstützung, und (nach la Landes Bericht) selbst auf Rath König Georgs in diesem großen Maßstab ausführte, ist wegen der Kühnheit der Ausführung, und dem Aufwand und Kunst der mechanischen Einrichtung, um zu astronomischen Zwecken nöthige Bewegungen hervorzubringen, unter uns vielseitig berühmt geworden, und durch Schildereyen und Zeichnungen bekanntlich in Umlauf gekommen. Es ist also hier nur wenigstens eine kurze Beschreibung davon zu geben.

Der Bau dieses Werkzeugs begann gegen das Ende des Jahrs 1785. Das Holzwerk zur Tragung, die Vorrichtungen für die Bewegungen, wurden unmittelbar in Arbeit genommen, und mit aller thunlichen Behendigkeit gefördert. Nur gewöhnliche Werkleute wurden angewandt, denn Herschel machte Zeichnungen von al-

len Theilen, und leitete und übersah jedes Einzelnen Arbeit, obgleich öfters mehr als 40 zugleich arbeiteten. Während so das Tragwerk zubereitet wurde, begann die Ausführung des großen Spiegels, wobey Herschel die Aufsicht über den Guß, das Schleifen und Poliren führte; so ging das Werk voran, nur mit der einzigen Unterbrechung, welche der Zug von Clayhall, dem damaligen Aufenthalt Herschels, nach Slough verursachte. Bald nach der Ankunft wurde der Grund gelegt, auf welchem sich allmälig das Traggerüst, wie es jetzt steht, erhob; der Spiegel ward vortrefflich polirt, und in das Rohr eingesetzt, und Herschel sah zuerst mit ihm den 19ten Febr. 1787. Doch ist dieß nicht das Datum der Vollendung; denn der erste Spiegel kam, durch ein Versehen des Gießers, etwas dünner im Centrum des Rückens aus dem Guß, als beabsichtigt worden, und man konnte ihm wegen dieser Schwäche keine gute Gestalt geben. Ein zweyter Spiegel wurde gegossen den 26sten Januar 1788; aber er zersprang beym Abkühlen; den 16ten Februar goßen sie ihn um mit besonderer Aufmerksamkeit auf die Gestalt des Rückens, und er zeigte die gehörige Stärke. Den 24ten October hatte er eine ziemlich gute Figur und Politur erhalten, und Herschel beobachtete damit den Saturn, war aber nicht zufrieden, und bearbeitete ihn aus bis 27sten Aug. 1789; er ward nach Fixsternen probirt, und gab ein ziemlich scharfes Bild; große Sterne waren etwas mit zerstreutem Licht umgeben, von etlichen Striemen die noch im Spiegel waren, herrührend. Den 28sten August 1789 brachte Herschel das Teleskop auf den Parallel des Saturns, und entdeckte einen sechsten Trabanten dieses Planeten; sah die Flecken auf demselben besser, als er sie vorher je gesehen hatte, so daß er die Vollendung des 40füßigen Teleskopes von diesem Tag an schreibt.

Die wesentlichen Theile und Vorrichtungen zur Bewegung und astronomischen Beobachtung sind in gedrängter Kürze der Beschreibung folgende:

1) Der große Spiegel *) hat 49½ Zoll im Durchmesser, da er aber ringsherum einen niedern Rand, ¾ Zoll breit und 1 Zoll tief hat, so reducirt sich seine metallene polirte Oberfläche auf 48 Zoll; seine durchaus gleiche Dicke ist etwa 3½ Zoll; er wog, als er aus dem Guß kam, 2118 Pfund, wovon er ein wenig durch die Politur verloren hat. Ein eiserner Ring umfaßt den Spiegel 1½ Zoll dick, und greift ein in den umgebenden tiefen Rand; ein Kreuz von Eisen geht über den Rücken, eine dünne Platte von Zinn vornen über den Spiegel und eine von Eisen, hinter ihm angebracht, bilden so ein vollkommenes Gehäuse für ihn. Er hat drey Handhaben, einen eigenen Wagen, um ihn auf Brettern an die Grund-

*) S. Beschreibung der Kupfer.

mauer zu ziehen, und herauf vermittelst Hacken und der Vorrichtung, welche den Tubus selbst bewegt; mit Seilen wird er dann an einer der Handhaben gefaßt, etwas gehoben und der Wagen gedreht, bis er parallel dem untern Ende des Tubus; eine eigene Vorrichtung nimmt ihn dann auf, und bringt ihn durch Flaschenzug in den Tubus. — Die Bedeckung über dem Spiegel wird abgenommen und aufgedeckt mit der größten Sorgfalt, daß keine Thautropfen von der obern Seite der Röhre auf den Spiegel fallen oder rinnen; eine Person steigt zu diesem Ende in den Tubus hinab. — Die Centrirung des Spiegels geschieht dadurch, daß zwey Platten mit Federn auf den umlaufenden niedern Rand des Spiegels an ihre bezeichnete Oerter gestellt werden; dann werden eine oder zwey berichtigende Schrauben so lange geschraubt, bis die zwey correspondirenden Platten vornen am Teleskop, durch ein kleines Loch, beyde sichtbar werden. Dieß Loch befindet sich in einem Schiebertubus, oben am Teleskop, worin auch alle Oculare und Micrometer, genau nach dem Mittelpunkt des Spiegels gerichtet, eingesetzt werden, da das Teleskop zur Vornschau nach Herschelscher Einrichtung gebaut ist.

Die Röhre des Teleskops ist von Eisenblech; obgleich einfach von cylindrischer Form, war ihr Bau doch großen Schwierigkeiten unterworfen. Sie ist 39 Fuß 4 Zoll lang; 4 Fuß 10 Zoll im Durchmesser, in allen Theilen ganz von Eisen. Nach einer mäßigen Berechnung würde eine hölzerne Röhre wenigstens 3000 Pfd. schwerer gewesen seyn, und in Dauer viel geringer. — Sie ist aus gewalztem Eisen verfertigt, das ohne Nägel zu einem einzigen großen Blech zusammen verbunden wurde, nach der Art, welche bey Verfertigung eiserner Röhren für Oefen im Brauche ist. Die Menge der Hülfswerkzeuge, welche zu der Verfertigung einer so großen Platte von 40 Fuß Länge und 15 Fuß 4 Zoll Breite aus einzelnen Platten von 3′ 30″ Länge, und 23½″ Breite nöthig waren, ist sehr beträchtlich. — Die Zusammenfügung dieser Platte an ihren parallel geschnittenen Rändern zu einem Cylinder geschah durch Niederlegung derselben auf eine hohle Rinne, darauf wurden cirkelförmige Unterlagen gelegt, wie man beym Wölben der Brückenbogen gebraucht; sie waren aber in der Mitte getheilt, und jede Hälfte weniger als ein Halbkreis im Durchschnitt; das Uebrige wurde durch 2 paar entgegen wirkende Keile mit Gewalt ausgefüllt. Die vollkommene cylindrische Form zu bewahren, wurden noch eiserne Doppelreife von Platteisen etwas dicker als bei der Röhre eingetrieben, sie waren doppelt, indem ein Durchschnitt durch dieselben einen Triangel gab, der durch eine sich umbiegende Grundlinie zusammengehalten wird. Die Röhre erhielt sofort 3 bis 4 Decken von Firniß, und 24 Mann trugen sie in Herschels Garten.

Der Unterstützungspunkt *) des Tubus befindet sich an der Stelle, wo der Spiegel eingesetzt wird, als dem untersten und sichersten. Große Kraft ist erforderlich die Unterstützung fest herzustellen, doch muß auch eine ausgedehnte Verbindung mit dem übrigen Theil des Tubus — denn der untere muß stärker seyn — hergerichtet werden; dort ist die Berichtigung der Collimations-Linie, eine kleine Seitenbewegung muß der Tubus um diesen Unterstützungspunkt haben, sanft, stet und doch sicher. — Zwey starke Rollen von Gußeisen, 6¼ Zoll breit und 10 Zoll im Durchmesser, stehen auf einem eisernen Riegel oder Achse, 2½ Zoll im Gevierten, sie ist verdickt in der Mitte, und nimmt auf den Zapfen der Unterstützung und Umdrehung, der 2¼ Zoll dick ist; dieser Zapfen kommt aus einer eisernen Stange, welche nebst 5 andern, die einander kreuzen, das Ende des Tubus schließen. Diese mittlere ist 4 Zoll breit und 1⅛ Zoll dick oben, sie verdickt sich bis 5 Zoll breit und 1½ dick, greift rechtwinkelig unter den Tubus, nimmt in einem 4kantigen Loch einen Zapfen auf, der aus demselben heraus kommt, durch die oben genannte Achse geht, und unterhalb verfestigt ist. — Um den Tubus zu verstärken an dieser Stelle, welche die Last des Spiegels und der Unterstützung trägt, ist innerhalb ein Stück von 3 eisernen Platten 2′ 4″ breit und ⅛″ dick herum gelegt, und über dasselbe noch eine eiserne Schiene 6″ breit und ⅝″ dick, im Halbkreis, und eine andere im ganzen Kreis 2⅛″ breit und ½″ dick. Außen an dem Tubus sind 9 lange Schienen angebracht, Alles wohl verschraubt.

Der Aufhänge-Punkt des Tubus ist 3′ 8″ von der obern Oeffnung des Teleskops entfernt. Zehn eiserne Schienen, jede 10′ 4″ lang sind rings um die Röhre vertheilt, so daß eine gerade oben, und die andere ihr unten entgegen; sie sind von derselben Stärke, wie die am Unterstützungspunkt, und verlieren allmälig 4′ von Vornen an sich nach Dicke und Breite, die untere ist etwas stärker. Die mittlere obere wird oben durchkreuzt von einer Querschiene, die noch die 2 benachbarten von Unten umfaßt, sie ist 3½″ breit und 1″ dick, verliert allmälig an Stärke. Auf jener ist auch der eiserne Ring befestigt geschraubt, an welchem das Teleskop vermittelst eines Flaschenzugs aufgehängt wird, 3′ 8″ breit, 1″ dick. Alle diese 10 Schienen sind eingeschraubt in den Tubus und in eiserne darum gelegte Reifen, der äußerste Reif an der Oeffnung des Teleskops ragt ringsum 3″ hervor.

2) Das Tragwerk, oder das Gerüste für diesen ungeheuern Teleskop, das den gesammten Apparat, den Gehülfen und den Werkmann und die Häuschen trägt, ist begreiflich in nicht minder großem Maßstabe errichtet. Der Grund, auf dem das

---

*) S. Beschr. der Kupfer.

Ganze ruht, besteht aus 2 concentrischen Mauern, deren größere 42 Fuß im Durchmesser und die kleinere 21 Fuß hat, unten 3′ breit und oben 1′ 2″; sie sind genau in eine wagrechte Ebene gebracht. Bey dem Holzwerk dieser Grundlage mußte Festigkeit mit Leichtigkeit verbunden werden. In der Richtung von Süd nach Nord liegen drey Bäume 43′ 2″ lang, 6″ breit und 6″ dick (letztere Dicke haben alle Balken dieses Grund-Holzwerks); die Distanz der beyden äußern vom Mittelpunkt ist 17 Fuß; sie sind durch 2 Kreuzbäume ein Fuß von ihrem Ende an verbunden, und an die Seiten dieser Kreuzbäume sind noch 2 andere angezapft, und neben nach Cirkelform abgerundet. Diese Queerbäume tragen die zwey paar Leitern, deren Bestimmung sich weiterhin ergibt. Von Ost nach West sind ebenfalls 3 Bäume nach der Breite über die vorigen eingebolzt, der mittlere ist 45′2″ lang 12″ breit, die zwey andern etwa 39′9″ lang, und 6″ breit, der mittlere ragt über die Grund-Mauer 1′ 2″ und die beyden andern 8″ hervor. Der Zweck derselben ist 6 Träger an ihren Enden aufzunehmen, diese runden Tragbäume sind gegen die Leitern geneigt, und halten sie unverrückt in der Richtung von Ost nach West. Die Grund-Bäume sind noch durch 8 Hülfsstreben, die von einem zum andern, auf dem Umkreis der Grundmauer (als Sehnen) gehen, verstärkt; das ganze Zimmerwerk hat also außen die Gestalt eines Zehnecks: zur Sicherung der horizontalen Bewegung sind noch 2 Streben von Süd nach Nord angebracht, welche die 2 äußern Grundbäume von Ost nach West gelegt verbinden. Unter jedem Grundbaum liegt eine Rolle, in eiserner Fassung, und eingeschraubt mit Bolzen. Ueberhaupt sind alle Verbindungen durch Schrauben bewirkt in einem Apparat, der immer im Freyen steht; wo nichts schädlicher ist, als wenn sich Wasser in den Fugen sammelt. Noch 8 Hülfsrollen ruhen auf der innern kreisförmigen Grundmauer. Im Mittelpunkt ist gehörig fest ein großer eichener Pfosten, über ihn kreuzen sich die zwey mittleren diametralen Grundbäume, ein starker Zapfen geht durch beyde in eine Dille im Pfosten, so daß das ganze Grundzimmerwerk sich um diesen Mittelpunkt bey Anwendung der gehörigen Kraft drehen kann.

Das Traggerüste, welches den Tubus, an welchem der Beobachter hängt, und die für eine kleine Gesellschaft etwa erforderliche Gallerie, die Apparate zu einer Seitenbewegung des Tubus, die Vorrichtungen zur Sicherung seiner reinen Meridian oder Vertical-Bewegung zu halten bestimmt ist, hat folgende Einrichtung:

Zwey Paar Leitern stehen geneigt nach Süd und Nord (im Meridian) einander entgegen; über ihnen, da wo sie sich kreuzen, liegt der mittlere obere Querbalken, er geht durch einen eisernen Ring, welcher den obern Theil des Flaschenzuges trägt, und

dem untern entspricht, der am (oben beschriebenen) Aufhängepunkt des Tubus angebracht ist. Auf den Leitern bewegt sich mit dem Tubus auf und ab der Sitz, auf doppelten Frictions-Rollen aufliegend, zwischen ihnen der Tubus.

Die Leitern sind 49′ 2″ lang, die Bäume derselben sind aus halben Masten, die am Fuße vor dem Zertheilen 11—12″ Durchmesser hatten, sie reducirten sich aber auf etwa 6 Zoll nach dem Verarbeiten. Jede Leiter ist doppelt; ein Theil ist die eigentlich zum Hinaufsteigen bestimmte, die Sprossen sind 9″ von einander; fangen an in einer Höhe von 12″ vom Boden, es folgt abwechselnd auf 2 runde eine flache Sprosse, und in Allem sind 40 runde und 19 flache; der andere Theil, nach Innen (gegen den Tubus zu, denn zwischen den Leitern hängt der Tubus) hat keine runden Sprossen, sondern lauter flache. Die Leitern von Vornen und Hinten begegnen sich bey der 20sten flachen, über ihr ist noch eine, mit einer Endung von 16 Fuß in der Höhe. Die Sprossen sind alle von solidem Eichenholz; ihre Dicke nimmt von Unten an ab; sie sind alle, wo sie in die Seiten der Leitern gehen, abgedreht. Die Distanz der Seiten der Leitern ist mit den Sprossen 18 Zoll von Unten bis oben; die Distanz des nach Innen gekehrten Theils ist 2′ 8″; der ebene Theil dieser Seitenbäume ist an diesem Theil nach Außen gekehrt, weil die Gallerie mit ihren Rollen auf diesem Theil des Leiternpaars auf und abgleitet. Der andere Theil der Leitern ist für einen Stuhl bestimmt zum Hinaufziehen für eine Person, die Ermüdung des Steigens zu ersparen, oder wegen Furcht vor dem Hinaufsteigen an einer offenen Leiter. Die hintern Leitern sind auf die nämliche Weise gebaut, nur ohne runde Sprossen mit lauter flachen. Man hat so Zugänglichkeit zu allen Theilen und Festigkeit vereinigt. Sie stehen etwas seitwärts, damit sie in die vordere eingreifen können. Ein eigener Hebel ward hergerichtet, um diese Leitern in ihre Stellen auf den Grundbau zu heben.

Diese Leitern, als das eigentliche feste, und mathematische Unveränderlichkeit und Sicherheit bezweckende Gerüste, sind auf mannigfache Weise durch Streben, durch Seitenbalken, und Verbindungen in ihrer Lage gesichert. Zuerst sind die Seitenbäume der vordern und hintern Leitern durch 6 Doppelringe, welche in dem mittlern Querbalken, der über den Leitern liegt, eingeschraubt sind, befestigt. Dann wurden zwey Haupt-Seitenstreben angebracht. Sie bestehen aus einem Mastbaum, von der Dimension des zu den Leitern gebrauchten, sie sind oben durch Ringe eingeschraubt, und stehen auf dem äußern Ende des diametralen Querbalkens, in dem Grundtragwerk auf. Das Bleyloth, was hier gebraucht wurde, ehe diese Hauptseitenstreben mit den Leitern befestigt wurden, war ein Gewicht von 100 Pfund, das in ein Gefäß Wasser herunter hing, und nach welchem von

einer beträchtlichen Entfernung aus visirt wurde. Der mittlere obere Querbalken wurde erst nach Aufstellung der Streben mit den Doppelringen verbunden.

Folgendes sind nun die weiteren Hülfsstützen und Bänder, für den bisher beschriebenen wesentlichsten Theil des Traggerüstes. Vier kleine Leitern, aus 3 halben Mastbäumen, ähnlich gebaut wie die größeren, stehen auf dem diametralen Querbalken des Grundtragwerks auf, und ergreifen von Unten die großen Leitern an ihrer 10ten flachen Sprosse (also in der Mitte etwa), und stützen sie demnach in der Richtung der Meridians. Vier kleinere Balken stehen auf den Enden der zwey äußern Grund-Querbalken auf, und fassen von Außen herein die Leitern an der 10ten flachen Sprosse, und unterstützen sie also von Ost nach West. Die (oben gemeldten) zwei Hauptseiten-Strebebäume, sind selbst noch jeder von zwey kleineren unterstützt, die gleichfalls auf den diametralen Querbalken aufstehen und sie von Unten stützen, der eine in der Mitte, der andere in ¼tel ihrer Länge. Die vorderen und hinteren Leitern sind durch ein System von hölzernen Bändern in horizontaler und mit den Leitern paralleler Richtung (also daß sie wie die Leitern gleichschenkliche Dreyecke bilden) befestigt, nach der Richtung des Meridians. Aehnliches System von Bändern stärkt auch die Seitenstrebe-Bäume. Ueberdieß sind die beyden Leitern auf der Nordseite vollkommen — da nach dieser Richtung der Tubus nicht eintritt — durch Kreuzbänder verbunden.

3) Dieß ist das Stativ für das 40füßige Teleskop. Die Vorrichtungen, um seine Bewegungen zu astronomischen Zwecken nach jeder Weltgegend und in jede Höhe zu sichern, müssen nunmehr beschrieben werden.

Um in jede Höhe zu gelangen hat der Unstützungspunkt eine horizontale Bewegung; sie geschieht durch gezähnte horizontalliegende Stangen, welche an ihren Endpunkten mit Ringen versehen sind, die in die Achse der Unterstützung passen; sie ist an diesen Stellen rund; in die zwey gezähnten Stangen greifen zwey Trillinge ein, von 12 Stecken, diese sind 3′ 9″ aus einander, die Trillinge werden durch ein eigenes Getriebe in Bewegung gesetzt. Die einzelnen Theile sind gehörig gegen Reibung geschützt, und in ihrer Bewegung gesichert. Zwey eichene Tragbalken liegen zu beyden Seiten der gezähnten Stangen, 29′ 8″ lang, 6″ breit und 4″ dick; sie sind auch wie jene, mit Eisenblech bedeckt, convex, daß sie in die eisernen Rollen der Achse des Unterstützungspunkts passen. Mit dieser horizontalen Bewegung vorwärts ist eine andere verbunden, welche den Aufhängepunkt in die

Höhe zieht, indem das eine Ende des Seils, welches um den Flaschenzug dort läuft, über eine Trommel, 19 Zoll Durchmesser und 17″ Breite, geht; diese Trommel befindet sich gegen Norden, und wird durch Trieb und Rad bewegt, und erhebt so das Teleskop. Eine Tafel ist gefertigt, welche ergibt, wie vielmal der erste Trilling umgedreht werden muß, um den Unterstützungspunkt an die für jede beliebige Höhe gehörige Stelle zu bringen. Oben am Teleskop ist ein Quardrant angebracht.

Um nach allen Himmelsgegenden zu richten, hat das gesammte Gerüste eine horizontale Bewegung um den Zapfen im Mittelpunkt des Ganzen. Die Vorrichtung dazu ist folgende. Nahe an dem Endpunkte des diametralen Quergrundbaums sind zwey Rollen befestigt; rund umher um die äußere Grundmauer ist ein Sandweg 12′ breit, und dicht daran ein Grasplatz; an seinem Rande sind 8 eichene Pfosten tief und fest in die Erde gegraben, so daß nur die Köpfe so weit herausschauen, daß man nach Umständen einen Ring mit einer Rolle daran hängen kann. Ein Rad mit einer Trommel, 2′ 8″ lang und 5″ im Durchmesser, ist umschlungen mit einem Seil nach entgegengesetzter Richtung. Diesseits und jenseits des Quergrund-Baums sind um 2 Pfosten Ringe mit Rollen gehängt, und der Endpunkt der Seile, die auch über sie geleitet sind, ist an dem Grundbaum fest. Setzt man also durch ein Getriebe die Trommel in Bewegung, so dreht sich der Grundbaum und also das ganze Gerüste um den Zapfen im Mittelpunkt. Man fährt nach Gefallen fort, indem man die Ringe mit Rollen an andere Pfosten hängt. Vermittelst dieser Bewegungen verfolgte Herschel den Saturn im Jahre 1789 etwa 2—3 Stunden vor seinem Durchgang durch den Meridian, und eben so lange nachher.

Es ist überdieß noch eine Seitenbewegung des Teleskops möglich, ohne diese große horizontale Bewegung des gesammten Gerüstes. Allerdings war dieß edle Werkzeug vornämlich zu Meridian-Beobachtungen bestimmt; jeder Gegenstand ist in dieser Lage am günstigsten für den Beschauer, aber er ist nur einen kurzen Augenblick sichtbar; Herschels Absicht war, den Himmel zonenweise zu durchmustern, und neue Gegenstände zu charakterisiren und ihren Ort zu bestimmen; ein längeres Festhalten war also nothwendig. Nun sind die Leitern, zwischen welchen das Teleskop hängt 8′ 2″ von einander entfernt, der Durchmesser desselben aber nur 4′ 10″ Zoll, dieß gibt einen Spielraum für das Teleskop von 3′ 4″ oder bey einem Radius von 35′ als die Entfernung des Aufhängepunks vom Zapfen, fast 5 Grad. (Davon geht allerdings Einiges wegen des erforderlichen Apparats ab.)

Diese Seitenbewegung geschieht um einen Zapfen des Un-

terstützungspunktes; damit sie aber mehr Stetigkeit bey der ungeheuren Last, die auf dem Zapfen ruht, erhalte, sind zwey solide messingene Rollen, auf der Fläche der Achse ruhend, angebracht und an den Seiten des Tubus befestigt. Sie wird bewirkt durch den Beobachter von dem Stuhl aus, der vorn an dem Teleskop herab angebracht ist. [Denn das Teleskop ist zur Vornschau (ohne zweyten Spiegel) eingerichtet; der Brennpunkt des großen Objectivspiegels ist, durch die gehörige Berichtigung, 4 Zoll unterhalb dem untern Rand der Oeffnung des Tubus gebracht, und kommt frey heraus in die Luft: es ist also noch Raum für den obern Theil des Kopfes, denn der Tubus hat 4′ 10″ Durchmesser, der Spiegel nur 4′; also nimmt der Kopf nicht einfallende Strahlen hinweg.] An der rechten Seite des Stuhls liegt eine Handhabe zu einer starken Schraubenstange; diese geht durch eine Nuß, welche auf einer besondern Maschine fest ist, die auf den Leitern aufliegt, sie umfaßt, und mit Frictionsrollen versehen leicht in jede beliebige Höhe gehoben werden kann. So wird der Beobachter, indem er die Handhabe dreht, sich, den Stuhl und das Teleskop von der Leiter weg und wieder zurückdrehen, oder gleichsam zwischen den Leitern hin und her schwingen (daher nennt Herschel seine Streifzüge am Himmel auch Schwingungen); verbindet er damit die große horizontale Bewegung, so ist jeder Zug durch den Himmel in seiner Gewalt.

Auch die Höhenbewegung des Tubus hat einen mikrometrischen Theil, durch folgende Einrichtung. Das andere Ende des Seils, welches den Flaschenzug am Aufhängepunkt umschlingt, geht herab nach einer Trommel schief gegen Norden; diese ist 12 Zoll lang und 4″ Durchmesser; auf ihrer Achse steht noch mit ihr in Verbindung eine zweyte Trommel 12 Zoll lang und 12 Zoll im Durchmesser; von dieser größern geht ein Seil in das Zimmer des Werkmanns, dort ist es befestigt oben an eine dünne verticalstehende Spindel (2′ 6″ lang, 3″ im Durchmesser); ein anderes dem vorigen gleiches Seil ist unten an jener Spindel fest, so daß sie sich in entgegengesetzter Richtung auf und abwickeln; das zweyte Seil geht über eine Rolle hinauf zu dem mittlern obern Queertragbalken zwischen den Leitern, dort steigt es nieder über eine zweyte Rolle, und trägt dort ein Gewicht, so berichtigt, daß die Spindel in jeder Lage im Gleichgewicht ruht. Der Werkmann dreht sie demnach mit Leichtigkeit hin und her, und somit das Fernrohr sammt dem Beobachter auf und nieder. Die Berechnung ist so, daß viele Umdrehungen der Spindel zu einem kleinen Raum am Himmel gehören.

4) Die Apparate und Vorrichtungen zu astronomischen genaueren Bestimmungen sind noch zu beschreiben. Der Apparat für Rectascensionen hat die Bestimmung, das Teleskop sicher und fest im Meridian zu erhalten, während es die Höhen-Bewe-

gungen macht; dadurch ist es möglich, wie gewöhnlich, vermittelst der Uhr die Rectascension unbekannter Gegenstände durch bekannte zu bestimmen. Dieser Apparat besteht aus 3 Theilen, welche Herschel die Reibungs-Platten, den Federbolzen, und die Rectascensionsrolle nennt. Die Reibungsplatten sind zu beyden Seiten des Tubus 2′ 6″ von der Mündung desselben befestigt, sie sind 3′ 10″ lang, 2′ 1″ breit, und nahe 2″ dick, und in perpendiculärer Richtung; die östliche ist zu berichtigen, die westliche ist fest. Die Rectascensionsrolle von Eisen ist fest an einer Vorrichtung oder Gestelle, welches auf der östlichen Leiter liegt (an welchem auch die Nuß zur oben beschriebenen Seitenbewegung befestigt), so daß sie jede Richtung annimmt, und auch wegen der verschiedenen Erhebungen des Teleskops an zwey verschiedene Punkte des Gestells befestigt werden kann. Diese Rolle reibt sich gegen die östliche Platte anliegend. Dieses Gestell ist so gebaut, daß es von Osten nach Westen den größten Widerstand leistet. — Der Federbolzen liegt in einem Gestelle, das die westliche Leiter umfaßt. Er tritt aus diesem Gestelle, das am obern Querbalken hängt, und durch ein Getriebe und Trommel auf und ab bewegt wird, — vermittelst einer Feder — mit der Kraft von 34 Pfund hervor, und drückt also vermittest der Rolle, die er an seinem Endpunkte führt, auf die westliche Reibungsplatte; der Tubus wird also mit solcher Pressung in seiner Meridian-Lage erhalten. Dieser Bolzen bewegt sich zwischen Frictionsrollen, und sein Druck ist nahezu in verschiedenen Stellungen gleich; auch fand Herschel, daß die Bestimmungen der Rectascension vermittelst dieses Apparats einer großen Genauigkeit für ihre Zwecke fähig waren; denn es würde unbillig seyn, von solch einem Teleskop die Genauigkeit eines Transits zu erwarten. (For it would not be doing justice to the telescope, to require of it all the accuracy of a transit instrument.)

Die Polardistanz-Maschine besteht aus einer Art Uhr, die im Zimmer des Beobachtungs-Gehülfen steht, Grade und Minute der Polardistanz zeigt, und in Bewegung gesetzt wird durch eine Schnur, welche oben am Teleskop fest ist. Nämlich nahe unten an der östlichen Reibungsplatte ist eine kleine viereckige Schiene mit einem Ring, welche nach Befinden näher oder weiter von der Mündung des Teleskops gebracht werden kann, wegen der nöthigen Berichtigung, wenn etwa die Trommel der Uhr nicht genau einen Grad auf eine Umdrehung angäbe; an diesem Ring ist die Polardistanz-Schnur befestigt. Sie geht über eine Rolle, die an einem Schieber sitzt, der durch eine Schraube vor und rückwärts beweglich, und auf demselben Gestelle gehörig angebracht ist, welches die Rectascensionsrolle und die Nuß zur Seitenbewegung trägt: von der Rolle am Schieber geht

sie

sie herunter geradlinig in Meridian-Richtung, bis gegenüber von dem Zimmer des Gehülfen, wendet sich rechtwinklich über eine Rolle hinüber, steigt dann in das Zimmer hinauf, und geht über die Trommel der Polardistanz-Uhr, und ist am andern Ende mit dem gehörigen Gewicht gespannt. Jede Bewegung des Teleskops in die Höhe oder Tiefe hebt also auch oder senkt diese Schnur und das daran hängende Gewicht, und also wird auch die Trommel an der Uhr vorwärts und rückwärts gedreht. Diese Uhr hat ein Zifferblatt wie gewöhnlich und einen Zeiger, der die 60 Theile angibt, in welche das Zifferblatt getheilt ist; diese bedeuten Minuten des Raums (der Polardistanz). Die Einrichtung ist so, daß eine Umdrehung des Zeigers einen Grad anzeigt; diese Grade sieht man in einer viereckigen Oeffnung im Zifferblatt unter dem Mittelpunkt. Es ist noch eine sinnreiche Einrichtung mit zwey Nebenziffer-Blättern da, wovon das eine die Zahl von 1—12 anzeigt, nach Umständen; das andere die Zahlen von 0—9; durch Verbindung dieser beyden kann man alle Grade angeben von 0 bis 129 Polardistanz, welches allen, in Herschels Polhöhe, sichtbaren Himmel einschließt. — Der oben gemeldete Schieber (welcher die Rolle trägt, über welchen die Polardistanz-Schnur läuft) dient zur genauen Stellung der Schnur. An der Seite des Tubus ist eine weiße Linie oder Marke angebracht, diese muß von der Schnur genau bedeckt werden; sie ist so angebracht, daß ursprünglich, wenn der Bewegungsradius des Rings etwas mehr als 1 Grad Elevation über dem Horizont ist, sie vertical steht. (Der Grund ist, daß bey Beabsichtigung von bloßen Minuten die Tangenten und Bogen bey Bewegung von einigen Graden nicht merklich verschieden sind.)

Es ist noch übrig die andern zur Vervollständigung und Erleichterung der Beobachtungen nöthigen Einrichtungen zu beschreiben. Herschel führt zum Behuf der systematischen Beobachtungsreihen die er Schwingungen nannte folgende Haupterfordernisse auf. — Ein Gehülfe zum Niederschreiben der Beobachtungen, mit den nöthigen Sternverzeichnissen, Atlassen und andern ähnlichen Hilfsmitteln. — Ein kleines Zimmer, so nah als möglich dem Beobachter, worin sich der Gehülfe mit seinem Apparate befindet. — Eine Sternuhr (Herschel hatte eine Sheltonische, die er seinem astronomischen Freunde Herrn Aubert als ein Geschenk verdankte, das er immer hoch schätzte) — den Rectascensions-Apparat, — einen Polardistanz-Apparat, eine Polardistanz-Glocke (zur Weisung für den Werkmann, die eben beschrieben werden soll), einen Sternkatolog nach Zonen, — eine leichte Mittheilung zwischen dem Beobachter und dem Gehülfen — eine Person, um bey den Schwingungen durch die Himmelszonen die nöthigen Bewegungen zu ertheilen — eine Mikrometer-Bewegung auf und ab und seitwärts zu schwingen, eine Zonenvorrichtung, um die Gränzen derselben anzugeben — ein kleines Zimmer für den Werkmann — und

auch eine leichte Mittheilung mit ihm. — Herschel hatte allmälig beym 20füßigen diese Vorrichtungen angebracht, beym 40füßigen waren sie aber in ihrer größten Vollkommenheit, und sind theils im Obigen entwickelt worden, theils folgen sie hier.

Das Observatorium (Zimmer für den Gehülfen) ist 8′ 5″ lang und 5′ 5″ breit, von passender Höhe. Nach Westen hat es Doppelfenster, mit Laden, es liegt vom Mittelpunkt 4′ nach Westen und 6′ nach Norden — das Häuschen für den Werkmann ist beträchtlich niederer, und 6′ 6″ lang und 4′ 5″ breit, und hat 2 kleine Fenster, eins nach Süden, das andere nach Osten; mit seiner östlichen Wand steht es auf dem äußeren (östlichen) Meridian-Grundbaum; und der nördliche Quer-Grundbaum geht unter seiner Mitte, wie auch unter der Mitte des Observatoriums durch.

Die Verbindung und Mittheilung des Beobachters geschieht mittelst eines Sprachrohrs. Am Ende des Fernrohrs, in der Nähe des Augenglases, befindet sich eine dünne Röhre, in die ein Mundstück, das sich schieben und drehen läßt, paßt. Die Röhre, 1, 5″ im Durchmesser, geht längs des Tubus hinab, bis etwa zu der Achse des Unterstützungspunkts; dort steckt sie in einem Knie, von da in einem Zug, dann wieder in einem Knie (um alle Bewegungen des Tubus mitzumachen); von da geht sie als eine Art System von 4 Zugröhren horizontal vorwärts, bis an das Grundtragwerk; dort biegt sie sich, und geht dann rückwärts, parallel mit der vorigen Richtung, bis einige Fuß über den Mittelpunkt des Grundwerks; dort theilt sie sich in 2 Arme, der eine geht ins Observatorium durch den Boden hinauf, der andere in das Zimmer des Werkmanns, in die Höhe, bis horizontal mit seinem Ohr, wo sie sich wie ein gewöhnliches Sprachrohr endigt. Ungeachtet der vielen Biegungen, und der großen Länge von 115′ (und obgleich nicht alle Theile von Messing gemacht sind) ist doch keine besondere Anstrengung nöthig.

Die Zonen-Glocke ist zur Erleichterung des Werkmanns. Es wäre nicht bloß verdrüßlich für ihn, sondern könnte auch zu Irrungen Veranlassung geben, wenn er die Umdrehung seiner Spindel oder Handhabe — bey der mikrometrischen Höhenbewegung, auf und herab, zählen sollte. Eine Glocke ist vorgerichtet, die vor ihm auf dem Tisch steht, und auf die ein Hammer schlägt, wenn das Fernrohr an die obere Gränze der Zone, eben so wenn sie an die untere, gekommen ist. Die Bewegung geschieht durch eine Schnur, welche über eine Trommel läuft, die mit der oben beschriebenen bey der Mikrometer-Bewegung in Verbindung ist, und von da nach der Uhr, welche eine besondere Art Schlagwerk bildet. Zur Sicherung wiederholen die Hämmer ihre Schläge, das Werk läßt sich richten nach verschiedenen Höhen und den Breiten der Zone, auch kann man Tafeln entwerfen durch unmittelbare Proben.

Noch ist eine Vorrichtung angebracht, um auch bey Nacht die Gallerie mit Sicherheit emporzuheben. Mit jeder Umdrehung schlägt ein Hammer an eine Glocke, und jeder Arbeiter an seinem besondern Haspel kann dadurch seine Bewegung reguliren.

Einige andere Hülfsapparate, z. B. Hacken für die Gallerie, eine starke eiserne Kette, an der das Teleskop hängt, wenn etwa die Seile nachgeben, Gegengewichte, wenn dasselbe in die Gegend des Zeniths gerichtet ist, nach Süden oder auch nach Norden, bey welchen auch die langen gezahnten Stangen hervortreten über ihre Unterlage, und auf Rollen gehen, berühre ich hier nur kurz.

Herschel hat seiner Beschreibung den Aufriß und Grundriß des untern Grundzimmerwerks beygefügt, auch die Zeichnungen der Gallerie, des westlichen Gestells, des Federbolzens, der Leitern, der verschiedenen Uhrwerke, der Spindel für die Höhenbewegung, des Flaschenzugs für den Aufhängepunkt, endlich einiger Hülfsinstrumente. Der Herausgeber wünscht, daß die Beschreibung, die er hier mitgetheilt, die allgemeine Idee dieses merkwürdigen Instruments in einigem Maße verdeutliche.

Beylagen,

eine allgemeine Analyse der Beobachtungen Herschels enthaltend.

I. Beylage.

Herschels Stern-Aichungen.

Diese eigenthümliche Art von Beobachtungen stellte Herschel an, um den Bau der großen Sternschichte, in der unser Sonnensystem sich befindet, zu verstehen. Sie enthalten die Menge der Sterne in einzelnen Gesichtsfeldern des Herschel'schen 20füßigen Spiegel-Teleskops. Damals war die raumdurchdringende Kraft dieses Fernrohrs etwa über 61; es erreichte demnach noch einen Stern erster Größe in 734 Siriusweiten; die Epoche der Beobachtungen muß um das Jahr 1785 fallen. Es sind dort 683 Aichungen bekannt; in einer spätern Abhandlung (von 1817) bemerkt Herschel, daß er noch 400 über diese habe. Auch umfassen die bisher bekannt gemachten nicht alle Himmelszonen gleichförmig. Meist ist jede angegebene Sternaichung das Resultat aus 10 gezählten Feldern; das Gesichtsfeld faßte 15 Minuten; und die Vergrößerung ist wahrscheinlich die 157fache.

Folgende Beyspiele erläutern das Ganze, und dienen zum Belege der im 1sten Buch geführten Behauptungen.

Die erste Kolonne, bedeutet Geradaufsteigung für Flamsteadszeit, die zweyte Polardistanz, die dritte die Sternmenge im Gesichtsfelde, die vierte die gezählten Felder.

Aichungen in einem Himmelsdurchschnitt, worin der Pol der Milchstraße.

	′ ″	° ′			′ ″							
0 Std.	40 29	18 43	60	1	46 22	69 51	11	1	55 10	73 16	14	10
	53 40	45 37	31	1	46 33	65 32	13	1	56 4	74 0	15	—
	48 42	58 47	40	1	53 18	67 41	9,8	10	59 10	74 25	14	—
	48 50	58 13	17	1	54 10	75 16	13	—	44 21	87 10	7,6	—
									57 52	113 17	3,8	—

Aichungen um den Pol der Milchstraße herum.

	′ ″	° ′				′ ″					′ ″			
X Stund.	16 8	88 8	7,2	10	XI Stund.	4 4	81 38	5,3	10	XII Stund.	5 6	78 57	2,2	10
	25 8	88 8	4,2	10		16 52	81 38	3,1			30 40	79 3	3,4	—
	26 0	81 41	5,6	7		53 43	81 39	6,0	—		48 19	79 4	4,9	—
	19 32	91 14	6,5	10		7 36	91 14	5,6	—		46 51	81 40	4,6	—
	0 4	115 17	9,1	10		20 37	91 17	4,9	—		57 8	99 56	8,1	—
											53 45	101 45	9,3	—

	′	″				
XIII Stund.	55	44	58	11	7,4	10
	1	19	79	4	3,8	12
	31	10	75	55	5,5	1
	17	27	101	45	8,6	10
	22	49	100	1	8,4	—
	27	57	101	45	11,3	—
	38	53	104	27	8,5	—
	48	49	100	1	9,2	—
	51	27	101	45	10,0	—
	57	53	104	27	12,3	—

XIV Stund.	33	22	58	7	8,9	10
	51	14	58	10	9,2	—
	30	7	66	3	8,8	—
	40	36	64	47	6,4	—
	52	58	60	41	4,4	—
	53	7	66	15	9,0	—
	55	36	64	47	6,6	—
	24	49	81	53	2,7	6
	30	8	80	38	3,5	13

XIV St.	9	49	100	1	11,2	10
	13	52	103	4	9,7	—
	14	57	101	45	8,8	—
	29	45	100	5	13,3	—
	39	57	101	45	14,0	—
XV St.	15	44	58	17	10,0	—
	2	42	62	48	8,3	—
	13	42	62	48	8,9	—
	20	0	75	52	9,5	—
	8	45	93	6	9,4	—

Aichungen im Sternbild des Pegasus.

	′	″				
XXII Stund.	3	56	71	48	25,1	10
	10	28	75	2	25,	1
	20	55	78	54	11,7	10
	31	28	73	59	17,3	—
	33	6	76	52	16,5	—

XXII Stund.	36	49	71	57	18,5	10
	48	49	71	57	13,4	—
	52	9	78	43	8,2	—
	55	40	71	54	11,6	—
	58	19	78	42	9,2	—

Endlich bemerkt Herschel, in dem Verzeichnisse der Aichungen noch bisweilen die Größe der Sterne und Art der Zerstreuung: auch wenn die Beobachtungen bey Dämmerung oder Mondschein gemacht worden, wodurch allerdings wegen der kleinsten Sterne Modificationen eintreten.

II. u. III. Beylage.

Die Sternhaufen in und außerhalb der Milchstraße.

Die Analyse dieser Beobachtungen und ihrer Anordnung hebt Folgendes heraus. Die drey Katalogen der Herschel'schen Nebel enthalten die Epoche der Beobachtung in Tagen, den Stern, mit welchem der zu bestimmende Nebel verglichen worden, und die Differenz in Polardistanz und Zeit. In der Abhandlung vom Jahr 1786, welche das erste Tausend der Nebel begleitet, gibt Herschel von den verschiedenen Versuchen Rechenschaft, die er gemacht, um einem Werkzeuge von der Gewalt des 20füßigen, die hinlängliche astronomische Genauigkeit zu ertheilen; zuletzt blieb er bey der Einrichtung stehen, die er auch bey dem 40füßigen angebracht hat, und welche in der Schluß-Anmerkung zum 4ten Buch beschrieben worden; die Uhr war von der königlichen Gesellschaft ihm überlassen; und er nennt dieselbe vortrefflich, und schließt dann: die Ortsbestimmungen der Sterne vor dem 13ten Decbr. 1783 mögen ungenau seyn, innerhalb einer Minute Zeit, und 8 bis 10 Minuten Polardistanz: von da an nehmen die Fehler ab, und erreichen bis gegen Ende Septembers 1784 selten 10 bis 12 Sekunden Zeit und 3 oder 4 Minuten Polardistanz; von dieser Epoche an werden sie im Allgemeinen verläßig seyn, bis auf 3 oder 4 Sekunden und 1½ bis 2 Minuten Polardistanz. Die Sterne, welche Herschel zu Grunde der Vergleichung legte, sind meist Flamsteed'sche, einige von ihm selbst bestimmte.

Was nun die Anordnung betrifft, welche Herschel namentlich von den Sternhaufen gemacht, so ist die leitende Idee derselben, die Uebergänge von unregelmäßiger Zusammensammlung, bis auf den reinen gedrängt kugelförmigen Sternschwarm zu zeigen; dabey ist die Größe

der Sterne, Reichthum, und Durchmesser, als Momente mit aufgenommen.

Hier ist die Uebersicht.

Sternansammlungen von unregelmäßiger Gestalt und Zerstreuung der Sterne finden sich zum Theil auch aus Sternen von verschiedener Größe bestehend A) in der Milchstraße 14, und 1 aus dem franz. Verzeichnisse. B) in der Nähe der Milchstraße 4; C) außerhalb der Milchstraße keiner.

Sternhaufen von unregelmäßiger Gestalt A) 42; frz. Verz. 11; B) 13; frz. Verz. 5. C) 6; frz. Verz. 3.

	A)	B)	C)
Unregelmäßige Sternhaufen von 2—30 Min. Durchmesser.	20. frz. 2.	10.	
Von allerhand Form und Zusammendrängung.	12.	3.	
Von sonderbarer Form.	I.	2. frz. 1.	1. frz. 1.
Auf verschiedenen Stufen der Gedrängtheit.	13. frz. 4.	15.	1. frz. 1.
Auf der Stufe größerer Zusammendrängung.	3. frz. 2.	2.	
Die Concentrirung und Isolirung der Sternhaufen ist bedeutend.	17. frz. 4.	7.	6. frz. 5.
Kugliche Sternhaufen.	frz. 1.	frz. 4.	frz. 9.
Entferntere kugliche.	3. frz. 3.		4. frz. 1.
Noch weiter entfernte.	4. frz. 1.		

IV. Beylage.

Herschels Nebel nach dem Prinzip der Astrogonie geordnet.

Die Ortsbestimmungen dieser himmlischen Gegenstände sind in den drey Verzeichnissen Herschels auf dieselbe Weise, wie von den Sternhaufen in der vorhergehenden Beylage gemeldet geworden, gemacht. Sie sind in dem Zeitraum von 20 Jahren beobachtet, obgleich in den letzten Jahren nur bey den Streifzügen durch den Himmel gleichsam zufällig ertappt. Die erste Beobachtung ist vom 7ten September 1782 über den Nebelflecken im Wassermann von planetarischem Aussehen; die letzte vom 26sten September 1802 über drey Nebel im Sternbilde des Kamelopardes.

Das Prinzip, nach welchem sie in der Abhandlung von 1811 geordnet sind, stellt eine allgemeine Reihe von Bildungsstufen auf, von der gestaltlosen Lichtwolke und dem an verschiedenen Punkten kerniges Licht enthaltenden Nebel bis zu allmäligen verschiedenen Centrallicht-Ansammlungen, bis zum Stern.

In den Verzeichnissen sind als rein für sich bestehende Merkmale die Größe und die Helligkeit herausgehoben von Herschel. Hiebey ist zu bemerken die wechselseitige Abhängigkeit dieser Bestimmungen und der unmittelbare Einfluß des Teleskops; die Beobachtungen wurden angefangen, als das 20füßige noch auf Newtonische Weise eingerichtet war; bey der Vorschau (nach Hinweglassung des zweyten Spiegels) nahm Helligkeit, also auch Größe der nebeligen Gegenstände zu. Noch ist ein wichtiges Moment, das Herschel in seine Verzeichnisse aufnahm, zu bemerken: nämlich die Lage seiner Nebel gegen benachbarte Sterne

und gegen die Weltgegenden bey gedehnten. Es sind zwar nur allgemeine Angaben, aber in Beziehung auf die Veränderlichkeit des Himmels für künftige Beobachter um so wichtiger, da sie ein Zusammengesetztes aus Stern und Nebel geometrisch angeben.

Die vollständige Analyse dieser so geordneten Beobachtungen ist nach den verschiedenen Momenten folgende: wobey sie nach der Reihe der Paragraphen mit den Nummern, wie in der Abhandlung von 1811, angeführt sind.

In den ersten sieben Paragraphen ist die entweder ganz unbestimmte Lichtnebelwolke, oder der bloße weißliche Lichtgrund an verschiedenen Stellen des Himmels, oder der schon gestaltete, mit mehrern andern verbundene, oder an verschiedenen Punkten verschiedene Helligkeit tragende größere Nebel beschrieben. Es ist nächst dem Wesen die Anzahl derselben hier anzugeben.

Ins Weite ausgedehnte Nebelmassen 9; einer von $1^1/_2$ Grad.

Himmelsräume von verschiedener Größe mit Nebel bedeckt 52; einer von 9 Quadratgrad.

Schon etwas geformte 6.

Milchige Nebelmassen 5.

Spuren von Verdichtung in dem milchigen Nebel 3.

Nebel an mehreren Punkten von größerer Helligkeit 6.

Entschiedene Nebel, die mit formlos verwaschenen in Verbindung sind, 11.

Die Erscheinung, daß Einzelne rein gebildete Nebel sich in entschiedener Nähe bey andern finden, gibt die Aufzählung derselben der Ansicht gemäß, daß sie aus einer großen Nebelmasse sich abgesondert und isolirt. Es finden sich so

Doppelnebel in Verbindung noch mit nebeligen 13; einer f.h.

Doppelnebel innerhalb 2 Minuten Distanz 23, meist d., f.d. á.d. einer f.h.

Doppelnebel in größerer Entfernung; hiebey sind schon mehrere Momente des Wesens durch die Beobachtung bestimmt.

Ohne alle weitere Merkmale 3.

Mit Angabe eines Moments 6, kl., f.d., á.d.

— zweyer Momente, 39. h. gr; h.f. meist f.d.

— dreyer Momente, (Helligkeit, Größe, innere Entwickelung) 37. z. B. h.m; fh.m.

— noch vollständiger 13. z. B. zh kl lgd et h.m.

Dreyfache Nebel 18.

Vierfache Nebel 5, meist d.

Sechsfacher Nebel 1.

Von daher führt sich der Blick zu den reichen Nebelschichten, die schon in den ersten Wanderungen sich auffallend zeigten. Bey der folgenden Aufzählung sind die andern Stufen der Beschaffenheit mit angegeben, zugleich ist zu bemerken, daß die meisten der vorhergehenden Doppelnebel, so wie überhaupt viele der im folgenden aufgeführten in diese Schichten gehören: demnach enthalten

Die großen Nebelschichten

Nebel, wobey bloß die Stufe der Helligkeit angegeben ist, 61 zh, d, fd, ád.

Aeußerst kleine auf der letzten Stufe der Lichtschwäche 10 ád.

Sehr kleine auf verschiedener Helligkeit 15.

— — sehr lichtschwache 78.

Sehr äußerst lichtschwache 56.
Nicht sehr kleine, meist sehr lichtschwach, und schwächer 42.
Kleine Nebel, helle 2, ziemlich helle 3, lichtschwache 33; sehr dünne 38, äußerst dünne 18.
Ziemlich große Nebel; ziemlich helle 11, dünne 19, sehr dünne 9, äußerst dünne 11.
Große Nebel, aber lichtschwach 10.

Die Gestalt der Nebel nach ihrer Besonderheit kommt allmälig in Betracht; es werden zuerst bemerkt:
Schmale Nebel, (nicht sehr hell) 5.
Etwas gedehnte kleine Nebel; meist nur 4 ausgenommen lichtschwache und äußerst lichtschwache 54.
Etwas gedehnte sehr kleine, sehr dünn meist 20.
Gedehnte Nebel, kleine und sehr kleine, auf niedern Stufen der Helligkeit 87, darunter einige sehr gedehnte; andere mit mangelhafter Bestimmung.

Die Richtung nach der Länge wird entschiedener, mehr oder weniger regulär.
Auf verschiedenen Stufen der Helligkeit und Größe 62.
Die Ausdehnung beträgt 3 bis 2 Minuten; mit Angabe beyder Dimensionen 11, die 4 übrigen 20, sie sind verschieden hell.
Die Ausdehnung beträgt von 2 bis 5 Minuten bey 24.
Steigt von 5 bis 15 Minuten bey 21.

Keine Dimension ist entschieden, die Gestalt aber irregulär, sie wird dann irregulär rund, endlich erscheint die runde.
Von irregulärer Gestalt ziemlich kleine 10, sehr kleine 14, kleine 47; zwey ausgenommen sind sie alle lichtschwach meist sehr und äußerst.
Ziemlich große 28 meist helle; bedeutend Große 4, es finden sich irreguläre Dreyecke, irregulär gedehnte.
Irregulär runde; auf niederen Stufen der Helligkeit 28.
Größere 21, es finden sich auch hier äußerst dünne, sehr große von 1 bis 5 Minuten Durchmesser, 6 lichtschwache
Runde, ohne weitere Merkmale als sehr dünn 3; kleine, worunter sich nur ein hellerer befindet, 18, sehr kleine und ziemlich kleine 23, unter letztern ein hellerer. Große von ziemlich bis bedeutend 10, nur unter jenen sind die lichtschwachen; von 1 bis 6 Minuten Durchmesser 5, worunter ein äußerst lichtschwacher (V, 16.)

Die innere Entwickelung, was den Lichtzustand der Nebel betrifft kommt nun jetzt in Betracht; sie wird durch dieselben Gestalten fortgeführt, die bisher sich zeigten, hat aber in sich selbst besondere Momente, die auf der äußersten Gränze den Nebel, der wie Stern erscheint, haben, nämlich den sternigen Nebel.

Nebel die in Beziehung auf Gestalt und innere Helligkeit etwas Besonderes zeigen; V, 19 ist in dem 1sten Buch beschrieben, I, 286 ist sehr hell, bedeutend groß, rund, stufenweise heller in der Mitte, aber gen Nordost ist ein Strahl, der die Rundung unterbricht. — Ungleich helle sind 10, sie sind aber alle von bedeutendem Durchmesser. — Nebel, die gerade an einer Seite heller sind, 23, auch diese sind meist groß, darunter einer 4 Minuten lang, 2½ Min. breit.

Nebel in der Mitte etwas heller; von unbestimmter Figur und vom sehr Kleinen bis zum sehr Großen 32 — von gedehnter Figur 24, darunter finden sich 10, deren Dimensionen angegeben sind, und Längen von 8 Minuten, so ist V, 40 sehr lichtschwach, gedehnt etwa in der Richtung von 15 Grad Südwest, er

ist 7 Min. lang, 4 Min. breit, die letzte Stufe der Lichtschwäche findet sich unter ihnen nicht — von unregelmäßiger Gestalt 2,0 meist lichtschwache. — Runde oder beynahe runde 74, verschieden und mannigfaltig an Größe und Licht.

Nebel, stufenweise heller in der Mitte. Von unbestimmter Figur 39, worunter 10 ziemlich große, und 25 kleine und sehr kleine — gedehnte 50; worunter 9 von sehr bedeutender Ausdehnung nach der Länge; so ist V, 39 sehr dünn, 8 Minuten lang, 3 Min. breit; die Richtung ist 10 Grad SW. nach NO. kein Gesetz sonst für die Stufen der Helligkeit und Größe — von unregelmäßiger Gestalt 29; alle Größen finden sich darunter — runde oder fast runde 105, von 13 ist der Durchmesser angegeben, der größeste ist 8 Min. im Bären I, 168; es finden sich aber auch sehr kleine und äußerst dünne darunter

Nebel stufenweise viel heller in der Mitte. Von unbestimmter Gestalt 25, — gedehnte 54, das Maximum findet sich bey V, 47, der sehr hell ist, und 8 Min. lang, 2 Min. breit, er dehnt sich von NW. nach SO. — von unregelmäßiger Gestalt 19, bey 5 ist die Dimension angegeben, die größeste ist bey I, 235, nämlich 7 Min. lang, 5 Min. breit — runde oder fast runde 104, von 12 ist der Durchmesser angegeben, der größeste zwischen 5 und 6 Minuten.

Kometische Nebel; es sind 17, kein Durchmesser angegeben.

Nebel, plötzlich heller in der Mitte, von unbestimmter Gestalt 1, — gedehnte 7, worunter I, 296 sehr hell, und 6 Min. lang, 3 Min. breit — unregelmäßig gestaltete 2. — Runde oder fast runde 8.

Nebel, stufenweise, heller bis zum Kern 13, sie sind fast alle rund, der Kern erscheint wie ein Punkt, II. 716 hat einen Durchmesser von 4 bis 5 Minuten, und I. 173 von $2^1/_2$ Min.

Nebel mit einem Kern, darunter 27 gedehnte, von 13 ist die Dimension angegeben, die zum Theil zu den merkwürdigsten Gegenständen am Himmel gehören, V, 48 ist sehr hell, 8 Min. lang; gedehnt 75 Grad NW.—SO., der sehr helle Kern hat einen Durchmesser von 1 Min. V. 24 ist ein glänzender Strahl, 20 Min. lang, bis 4 Min. breit, mit sehr heller Mitte. V, 18 ist 50 Min. lang, 12 Min. breit — runde 13, ohne Angabe eines Durchmessers.

Nebel mit Kern und zwey entgegengesetzten Zweigen; die Verzeichnisse führen 20 auf. Im 1sten Buch § III. sind sie ausgehoben als merkwürdig; die Länge der Zweige erstreckt sich auf 4, 5, 8, ja auf 15 Minuten.

Nebel mit Kern, Mähne und entgegengesetzten Zweigen; 4.

Runde Nebel mit Kern und Mähne 15; es finden sich darunter Durchmesser von 3, 5 bis 7 Minuten — 2 sehr kleine.

Runde Nebel von beynahe gleichförmigem Licht; 3 von zwey bis 4 Minuten Durchmesser; 12 von $^1/_4$ bis 2 Minuten Durchmesser.

Fast planetarische Nebel 4; einer von $2^1/_2$ Min. Durchmesser.

Planetarische Nebel mit centralem hellem Punkte 3.

Planetarische Nebel, 10, es sind Durchmesser von 30 Sekunden.

Sternige Nebel, darunter 6 hellste; 11 ziemlich helle, lichtschwache 23, sehr lichtschwache 42, äußerst lichtschwache 17, und noch 18 ohne bestimmtere Angaben.

Sternige Nebel fast wie Sterne; 3 mit Knäueln, 3 mit dünner Mähne.

Zweifelhafte sternige Nebel, wovon 25 durch stärkere Vergrößerung als Nebel erkannt wurden; 5 eben so, nur mit Schwierigkeit, 1 ließen sich auf diese Weise nicht berichtigen.

Endlich bemerke ich, daß in dieser Anordnung mehrere Nebel aus den Verzeichnissen nicht vorkommen; und daß einige nicht genau mit den Beschreibungen im Verzeichnisse übereinstimmen.

V. Beylage.

Die Uebergänge vom Nebligen zum Stern und Sternhaufen.

Es ist von Herschel in der Abhandlung vom J. 1814 eine Anordnung gemacht, mehrere, der von ihm beobachteten Gegenstände; wo Nebliges mit Sternigem in Verbindung ist, bis auf die Entstehung des Sternhaufens zurückzuführen; wobey sich die Abhandlung in folgende Punkte theilt.

Sterne in merkwürdigen Lagen gegen Nebel 3.

Doppelsterne mit Nebel zwischen sich 19; wobey zu bemerken, daß die Sterne meist klein und äußerst zart

Sterne und Nebel vereint von verschiedener Gestalt 14, die Sterne sind zum Theil ziemlich bedeutend

Sterne mit Zweigen 3, es ist dieselbe Gestalt, welche auch bey den Nebeln vorkam.

Die Nebelsterne 13. Die berühmte Erscheinung, von der im 2ten Buch gehandelt wird.

Sterne auf allgemeinem nebligem Grunde 3.

Flecken von Sternen mit Nebel gemischt 37, die Stufen der Helligkeit sehr verschieden; merkwürdig sind einige durch ihre Größe; IV. 75 drey Sterne 9ter Größe mit Nebel gehüllt, das Ganze nimmt einen Raum von etwa $1^1/_2$ Minuten Durchmesser ein.

Gegenstände schwankend zwischen Sternhaufen und Nebel 71, sie liegen zum Theil in den großen Sternschichten; 26 derselben sind wahrscheinlich Sternhaufen; wieder andere 26 sind leicht auflöslich, so daß schon einige Sterne darin sichtbar sind; 12 sind nach Beschreibung und Bau wohl wirkliche Sternhaufen.

Von den Gegenständen in der III. IV. V. Beylage hat Herschel Zeichnungen mitgetheilt in den Abhandlungen von 1811 und 1814.

VI. Beylage.

Die Doppelsterne.

Die Beobachtungen sind in dem Zeitraum von 1779 bis 1783 angestellt, doch finden sich einzelne schon in den 3 vorhergegenden Jahren; sie gehen also der Entdeckung des Uranus voran. Sie sind in Klassen (nach der Distanz der Sterne getheilt) und darin chronologisch geordnet.

Das Werkzeug, womit beobachtet worden, war ein siebenfüßiges von Herschel gefertigtes Spiegeltelesko p, seine raumdurchdringende Kraft

demnach 20. Zur Messung des Stellungswinkels bediente er sich der im 4ten Buch angemerkten Mikrometer von eigener Erfindung. Die Momente der Beobachtung waren die wechselseitige Distanz der Sterne, welche den Doppelstern bilden, der Unterschied der scheinbaren Größe, die Farbe, der Stellungswinkel; dasselbe geschah auch bey dreyfachen, und mehrfachen Sternen wenigstens theilweise; wo die Messung wegen der Nähe unmöglich war, geschah die Schätzung nach den scheinbaren (falschen) Durchmessern. Zugleich suchte Herschel den wahren scheinbaren Durchmesser einiger Fixsterne zu bestimmen. Die Gesammtmenge aller Beobachtungen ist 703. Diejenigen Sterne, die schon vor ihm als doppelt erkannt worden waren, werden in den Katalogen als solche bezeichnet.

Die Ortsbestimmung der als doppelt erkannten Sterne, wenn sie nicht in Flamsteads Verzeichniß sich fanden, geschah durch eine eigene Methode von Allignement. Die Wiederholung der Beobachtungen, in späterer Zeit, geschah zum Theil mit demselben Instrumente wie vorher, welches die Vergleichung der Beobachtungen erleichtert und die Resultate sichert.

VII. Beylage.

Die Lichtgleichungen für die Sterne.

Die Beobachtungen, auf welchen die Vergleichung der verschiedenen Lichtstärke der Sterne sich gründet, sind gewissermaßen populär, indem sie mit dem unbewaffneten Auge angestellt werden. Die Grundsätze aber und Vorsichtsmaßregeln sind dem ungeachtet strenge; wie in dem 2ten Buch erklärt worden.

Die Resultate sind in 4 Katalogen mitgetheilt, wahrscheinlich sind die Beobachtungen selbst in den Jahren von 1796 bis 1798 angestellt. Sie umfassen alle Flamsteadischen Sterne aus den Sternbildern Adler, Andromeda, Bootes, Kassiope, Centaur, Cepheus, Delphin, Drache, Einhorn, Eridanus, Füllen, Fuhrmann, Haase, Herkules, großer und kleiner Hund, Krebs, Krone, Leyer, Löwe, Luchs, Orion, Pegasus, Perses, Rabe, Sextant, Schiff, Schwan, Steinbock, Stier, Triangel, Wallfisch, Wassermann, Widder, Zwillinge. Daraus ergibt sich die bedeutende Anzahl dieser Beobachtungen.

VIII. Beylage.

Die Beobachtungen über die Uranustrabanten.

Die Geschichte des Georgssterns, Uranus, des bis jetzt einzigen Planeten jenseits der alten, und seiner Trabanten, ist einer der wichtigsten Punkte der neuern Astronomie. Das Daseyn zweyer Trabanten ist erwiesen schon aus den Beobachtungen der Jahre 1787 und 1788, und ihre Bahnen sind bestimmt.

Fortgesetzte Beobachtungen führten Herschel auf die Annahme von 4 neuen Trabanten, die im Jahr 1790 und 1794 entdeckt worden.

In der Abhandlung von 1798, deren Titel: on the discovery of 4 additional Satellites of the Georgian Sidus; the retrograde motion of its old Satellites announced, and the cause of their disappearance at certain distances from the planet explained. Read Dec. 14. 1794. (Entdeckung vier fernerer Uranustrabanten, Ankündigung

der rückläufigen Bewegung der 2 ältern, Erklärung ihres Unsichtbarwerdens in gewissen Entfernungen vom Planeten) hatte er das Daseyn der 4 neuern angenommen, als aus den Beobachtungen hervorgehend, und folgenden Bestimmungen festgesetzt:

Ein innerer entdeckt 1790 Jan. 18.	5 T.	21 Std.	15 M.		
Ein Zwischentrabant 1794 März. 26.	10 —	23 —	4 —	Umlaufszeit.	
Ein äußerer . . . 1790 Febr. 9.	38 —	1 —	49 —		
Ein entfernterer . 1794 Febr. 28.	107 —	16 —	40 —		

Die Wichtigkeit der Sache, und die Schwierigkeit der Beobachtungen machten wünschenswerth eine vollständige Sammlung aller Beobachtungen, und diese gibt Herschel in der Abhandlung von 1815. Sie umfassen die Jahre 1787 bis 1810, worunter die vom Jahre 1798 besonders merkwürdig, indem damals die Bahnen der Trabanten sich in einer geraden Linie projicirten. Die Methoden der Messung, die Werkzeuge und Vergrößerungen, die angewandt worden, kritische Vergleichung mit den angenommenen Distanzen und Umlaufszeiten sind dabey aufgeführt. Den Grund, warum die Trabanten des Uranus schon in so großer Entfernung vom Hauptplaneten unsichtbar werden, hatte er schon in der Abhandlung vom Jahr 1798, die oben angeführt worden, dahin angegeben, daß der Contrast eines sehr kleinen Lichts neben einem größern das erstere für uns schon in größeren Entfernungen auslösche; sie haben wenig Licht zu verlieren, und verlieren es sehr bald in der Nähe des Planeten; die Saturnstrabanten haben viel Licht zu verlieren, und können daher bis an den Rand ihres Planetenrings gesehen werden.

Er fügt diesen Beobachtungen (außer der Vergleichung mit der Rechnung) öfters das Resultat der Configuration bey; in der Abhandlung von 1798 waren sie vollständig mitgetheilt.

Die Entdeckung der 2 ersten Trabanten geschah mit 157facher Vergrößerung des 20füßigen ohne zweyten Spiegel, also mit der raumdurchdringenden Kraft 75. Aber es waren stärkere Vergrößerungen nöthig; selbst 1200 war wirksam; von 2400 bis 2700 schienen die bekannten Trabanten schon nebelig.

Die Messung der Stellungswinkel geschah entweder durch Configurationen, oder bey einer 300fachen Vergrößerung durch Schätzung, oder endlich durch das Mikrometer.

Die Messung der Distanzen ist schwierig mit dem Mikrometer; das Lichtpunkt-Mikrometer war schwer handzuhaben, die Bestimmung durch die Zeit selten anwendbar.

Die Entscheidung über die Lage und Menge weiterer Trabanten hoffte Herschel von lichtstärkern Instrumenten anderer Astronomen.

IX. Beylage.

Die Saturnstrabanten, und die hellen Flecken des Rings.

Die Beobachtungen sind sämmtlich aus dem Jahre 1789, vom Julius an; zur Zeit, als der Ring sich als gerade Linie projicirte, und die Flächen des Rings gegen uns ihre Lage wechselten: die Distanzen sind nach Schätzungen, wobey sich Herschel mehrerer angenommenen Maßstäbe bediente, als: des Durchmessers der Saturnskugel; der Ringlinie (die er auch Projection des Rings nennt), der Durchmesser der einzelnen Trabanten; bisweilen sind auch vergleichende Linien durch in der Nähe befindliche Sterne gezogen; die Winkel sind gleichfalls,

wie es scheint, Schätzungen: Um einen Anhaltspunkt für Distanzen zu haben, so sind Elongationen des 5ten und 4ten genau mikrometrisch gemessen.

Die Beobachtungen gehen auf 5 Flecken; einer ist im ersten Quadranten, einer im 2ten, einer im 3ten und 2 im 4ten.

Mittlere Längen der Trabanten zum Anfang des Jahrs 1789 eben so der Flecken gibt Herschel also an.

	5)	4)	3)	2)	1)	6)	7)
Trabanten	53,23	93,09	20,82	304,19	256,66	82,92	161,00
Ringflecken	271,5	183,0	70,2	142,5	358,6		

Spätere Beobachtungen finden sich keine.

Beschreibung der Kupfer
in den
Herschelschen Abhandlungen.

Die meisten der Abhandlungen Herschels, wie sie in der vorangehenden Arbeit angeführt worden, sind mit Zeichnungen ausgestattet, in Kupfer gestochen. Mehrere enthalten bloß lineare mathematische Zeichnungen, geometrische Darstellungen und Figuren, Abbildungen von Apparaten, Werkzeugen und mechanischen Einrichtungen. Andere enthalten dagegen wirkliche Abbildungen himmlischer Gegenstände, Nebel, Sternhaufen, Planeten, Erscheinungen an der Sonne und Anderes.

Die vorzüglichsten derselben sind von dem Herausgeber an den zugehörigen Stellen angeführt worden; und da die Abbildung nicht einmal das vollständig gibt, was das lebendige Auge unmittelbar betrachtet, noch weniger dieß ohne den Kupferstich selbst geschehen kann; so ist hinlänglich nur auf diese vorzüglichsten in gegenwärtiger Beschreibung aufmerksam zu machen.

Zu der Abhandlung von 1811, zum ersten Buch gehörig hat Herschel zwey Kupfertafeln gefügt, welche in Zeichnungen (weiß auf schwarzem Grunde), in den verschiedenen Abstufungen des Glanzes, der Regelmäßigkeit, des fortschreitenden Verdichtens, bis zum scheinbaren Stern, 41 Abbildungen enthalten. Die Beschreibung der Fig. 1. welche S. 38 citirt worden, möge hier als von der unregelmäßigen Lichtwolke einen Platz finden. Es ist dort dargestellt 1) eine äußerst zarte sich auszweigende Nebligkeit; ihr weißes Licht ist durchaus von der milchigen Art, und an drey oder vier Stellen heller als an den übrigen; die Sterne der Milchstraße sind über dieselbe umhergestreut, wie über den übrigen Theil des Himmels. Sie dehnt sich in der Richtung des Parallels nahe zu 1½ Grad aus, und im Meridian über 52 Minuten; der westliche Theil ist in mehrere Ströme und Windungen zerlegt, die sich gegen Süden wieder vereinigen.

Die 37ste und 38ste Figur enthalten Abbildungen des Orion-Nebels.

Der Abhandlung von 1814 sind (schwarz auf weißem Grunde

wegen der Zartheit der Gegenstände) 12 Abbildungen von Vereinigungen der Sterne mit Nebeligem, in mehr oder weniger gegliederter Anordnung; und 5 von Sternhaufen oder Sternschwärmen von einiger Unentschiedenheit in der Form bis zur reinsten in immer zunehmender Verdichtung sich zeigenden Kugel, aus Sternen zusammenflossen, beygegeben.

Von diesen 3 Tafeln findet man Abbildungen in de la Metheries Journal und in der von mir in Dresden veranstalteten Uebersetzung der Herschelschen Schriften 1ster Theil; sie sind der Betrachtung höchst würdig.

Zum zweyten Buch gehören meist geometrische Zeichnungen; bey den Doppelsternen sind auch Bilder von dem scheinbaren Durchmesser der Fixsterne, und von dem Doppelstern Castor aufgeführt; zu der Abhandlung von der Bewegung der Sonne vom Jahr 1805 und 1806 geometrische Darstellungen der Verhältnisse der scheinbaren und wirklichen Bewegungen der Hauptsterne, welche die Zahlenverhältnisse, die im zweyten Buch §. 4 angegeben sind, geometrisch anschaulicher machen, eine Art, welcher Herschel zugethan war auch in anderen Fällen, z. B. der Vertheilung der geometrischen Lage der Sterne im ersten Buch; auf eine solche bezieht sich der Text.

Zum dritten Buch, welches das Planeten-System in sich begreift, sind mehrfache interessante Zeichnungen den Abhandlungen beygegeben. Eine bemerkenswertheste ist ohne Zweifel die Abbildung, welche Herschel von der Lage der Uranus-Trabanten gibt gegen ihren Hauptplaneten, wie er sie nach fünfstündiger Verfolgung an dem 11ten Februar Morgens 2 Uhr als dem Tage, den er zur Entscheidung erwartet hatte, verließ. — Vielfach verbreitet und der Betrachtung dargelegt sind die Bilder, welche sich auf die Erscheinungen des Saturns beziehen. Die frühesten beziehen sich auf die Entdeckung des 6ten und 7ten neuen Saturns-Trabanten, zur Verdeutlichung ihrer Stellung entworfen. Der Herausgeber hat sich, zu seiner Orientirung und bequemeren Uebersicht wegen, die verschiedenen der merkwürdigsten, die Planeten betreffenden Abbildungen in vier Tafeln getheilt; die er, weil zum ersten Buch die zwey Tafeln der Nebel, die 3te über die Sternhaufen, und zum zweyten Buch eine 4te die geometrische Verdeutlichung der eigenen und parallaktischen Bewegung der Hauptfixsterne, vorangegangen ist, mit fortlaufenden 5, 6 u. s. w. bezeichnet hat; und so mag der geneigte Leser es deuten, wenn sie in der Abhandlung selbst so aufgeführt sind. Auf die Entdeckung der Saturnstrabanten — um den Faden wieder aufzunehmen — beziehen sich demnach die Fig. 5, 6, 7, 10 auf der Tafel Nro. 6, wovon ich Einiges mittheile aus der Abhandlung von 1789. Eine Figur zeigt in einem höchst günstigen Zeitpunkt den 18ten October 1789

alle 7 Trabanten, die fünf ältern und die zwey neuern; um 2 Uhr 22 Min. 45 Sek. der 1ste und 7te scheinen auf dem Ring, der nur damals wie eine schmale Lichtlinie schien, zu hangen, der 7, 6, 3, 4, 5te sind auf einer, und 1ster und 2ter auf der andern Seite des Planeten; zur Darlegung der Bewegung dieses ganzen Systems steht noch ein Stern in der Nähe, der durch seine Unveränderlichkeit ein Maßstab wird. Noch nicht ganz 4 Stunden war der erste und zweyte in Conjunction. In der andern Figur sind 4 Trabanten nahe beyeinander fast gleich weit von einander entfernt in einer Linie, 3 innerhalb der Ringlinie. Ohne starkes Fernrohr hätte man sie nicht vom Ring unterschieden; der neue 6te war darunter. Eine andere zeigt den 1sten Trabanten heller als den 6ten, ob jener gleich näher am Saturn ist als dieser. Eine 4te zeigt den Durchgang des 4ten Trabanten-Schattens durch die Saturnsscheibe; Erinnerung an interessante Erscheinungen.

Die schmale Lichtlinie des Saturnrings sieht Herschel noch 1789, als sie den übrigen Erdbewohnern schon verschwunden war. Er gibt 2 Zeichnungen dazu.

Die Erscheinungen über die Theilung des Rings und zwey Beobachtungen, wo er eine zweyte theilende Linie gewahr wurde, sind S. 136 angeführt und beschrieben; drey Bilder sind gegeben.

Der herrliche Streifen oder abwechselnd hellere und dunklere Zone, so daß ein fünffacher atmosphärischer Gürtel sich zeigt, ist durch eine schöne Zeichnung in der Abhandlung vom Jahre 1794 dargestellt; die Farbe der dunklern ist gelblich. Das Bild ist vom 11ten November 1793 S. 138 angeführt. Die Streifen nehmen eine größere Zone ein als gemeinhin die Jupitersstreifen.

Noch einmal gibt Herschel ein Bild sammt einer Beschreibung des Saturns, auch in Beziehung auf die etwas auffallende Gestalt, unter welcher ihm damals dieser herrliche Planet erschien; ihm sind zwey geometrische Zeichnungen beygefügt; (sie sind Seite 140 Nro. 6 Fig. 1, 2, 3 genannt) die Beschreibung Fig. 3 ist folgende. Saturn den 9ten Jun. 1806 bei schöner klarer Luft. Die Breite des Rings verhält sich zum Raum zwischen dem Ring und dem Körper des Saturns wie 5 zu 4. Der Ring erscheint wie abhängig gegen den Körper des Planeten, sein innerer Rand ist wahrscheinlich von einer sphärischen oder vielleicht hyperbolischen Form. Der Schatten des Rings auf dem Planeten ist breiter zu beyden Seiten als in der Mitte, dieß ist zum Theil eine Folge der Krümmung des Rings, welcher in der Mitte seines Durchgangs durch den Körper seines Planeten mehr vom Schatten (perspectivisch) verdeckt als an den Seiten. Der Schatten des Planeten auf dem Ring ist etwas breiter gegen Nord als gegen Süd, so daß er nicht parallel ist mit den Umrissen des Planeten; auch ist er nicht so breit gegen Nord, daß er mit der Richtungslinie des Rings ein Quadrat machte. Der nördlichste dunkle Streifen auf dem Saturn zieht sich gegen Norden

den herab, bis auf die Hälfte der Ringbreite, von wo an er sich hinter den Körper begibt. In der Mitte ist er gegen Süden gekrümmt.

Vom Jupiter sind zwey Zeichnungen aufgeführt; die eine enthält die Streifen Jupiters vom 28sten May 1780. Eine Menge derselben ist über die ganze Planetenscheibe vertheilt und die Krümmung der einzelnen sichtbar. Die andere Zeichnung gibt den Durchgang des Schattens des 3ten Trabanten und des Trabanten selbst durch die Jupiters-Scheibe; den 6ten April 1780. Der Schatten war schwarz und gut begränzt, Herschel maß seinen Durchmesser zu 1,562 Sekunden.

Den Mars betreffend, sind zwey Reihen von Zeichnungen herauszuheben; die erste Reihe bezieht sich auf die Bestimmung der Lage, welche die Rotations-Achse des Mars im Raume hat, aus den merkwürdigen Erscheinungen des südlichen und nördlichen Polarfleckens, a und b, benannt. Sie findet sich in der Abhandlung von 1784, und umfaßt auf einer Tafel (bey uns Nro. 7) 22 Bilder, wo die Größe und Lage der Flecken angegeben, zugleich auch andere Flecken auf der Scheibe, und Phasen; so wird in der 7ten Anmerkung ein hackenförmiger den 23sten September 1783, aufgeführt. Es sind in jener Anmerkung besonders als interessant Fig. 6, 17, 18 herausgehoben vom 3ten Jul. 1781, vom 30sten September 1783, und 9ten October desselben Jahrs als sehr anziehende atmosphärische planetarische Erscheinungen; sind aber nur durch die Anschauung aufzufassen, da sie mit unsern und den auf andern Planeten nicht viel Aehnliches haben.

Die zweyte Reihe in der Abhandlung 1781, welche den Rotationszeiten des Jupiter und Mars gewidmet ist, enthält 10 Zeichnungen verschiedener Flecken. Die 5te Anmerkung hat die 18te Figur, 19te und 20ste herausgehoben, die letztere hatte nach Herschel selbst einen merkwürdigen Flecken; die zwey erstern sind verschieden, da dunklere Flecken durch eine hellere, gleichsam äquatoriale Zone getheilt sind. Aehnliche Zeichnungen von Flecken sind in jener Abhandlung auch von Jupiter gegeben, 13 an der Zahl.

Der Beschreibung der Sonnenfinsterniß von 1793 hat Herschel vier Zeichnungen beygefügt, das Eintreten der Mondsberge, die Randgebirge des Monds und etwa die Verzerrungen betreffend, welche die Strahlenberechnung in der Begränzung der Scheiben hervorbringen könnte. Die Zeichnung des, durch Randgebirge am Rande ungleichen, dunkeln Mondes vor der Sonnenscheibe ist besonders merkwürdig.

Von der Venus ist eine einzige Zeichnung vorhanden, ein unentschiedenes atmosphärisches Fleckenwesen ausdrückend. Die Beschreibung ist im Texte.

Den atmosphärischen Erscheinungen der Sonne hat die Abhandlung von 1801 neunzehn Zeichnungen gewidmet; welche in hohem Grade die Aufmerksamkeit der Naturforscher verdienen. In dem Texte ist Seite 186 die 8te Figur herausgehoben als ein Beispiel, wie die Gestalt der schwarzen Flecken, das heißt der Vertiefungen, die Gestalt der sie umgebenden grauen Ränder d. h. Abhänge bestimmt. Denn es dehnt sich dort ein Abhang einer Oeffnung sehr nach Nordost aus, er hat eine kleine Lippe nach Norden, eine ganz ähnliche hat auch die Oeffnung. Ferner sind Fig. 10, 11, 12 herausgehoben, in diesen zeigt Herschel, wie aus der perspectivischen Ansicht eines dunkeln mit mattem Rand umgebenen Sonnenfleckens, dessen sonst vollkommene elliptische Rundung durch eine kleiner eintretende mattere, dem Rand ähnliche, Gestalt unterbrochen wird, sich zeigen lasse, daß dieß eine Wolke sey, welche in der Oeffnung schwebe, und sich nach einer Stunde losgemacht habe.

Im vierten Buch, welches den teleskopischen Apparat so wie den zu den physikalischen Experimenten über Licht und Wärme enthält, ist in den Herschelschen Abhandlungen mit großer Eleganz das Einzelne derselben gezeichnet. Vielfach gekannt und wiederholt ist die Abbildung des 40füßigen Spiegelteleskopes auf seinem Gerüste, welches zwey kleine Gebäude trägt, und um den Mittelpunkt beweglich ist; das Original enthält die vollständigste Darstellung aller Theile dieses großen Werks. Bey den physikalischen ist die Anordnung der Werkzeuge zu zeichnen nöthig gewesen wegen der Wiederholung, die etwa Andere machen wollten, und wegen der Vollständigkeit. So viel als möglich hat der Verfasser sich bemüht, einen allgemeinen Begriff dieser Apparate zu geben. — Die Neuheit dagegen der zwey Mikrometer hätte eine vollständigere Beschreibung erfordert; die vom Lampen-Mikrometer ist wohl nach der Beschreibung S. 237 verständlich, und ist in seinem Bau einfach; das Mikrometer für Doppelsterne kann es eigentlich genannt werden; doch kann es auch, indem man erleuchtete Scheiben oder Ringe in die Lampen setzt, als ein Mikrometer zur Messung kleiner Durchmesser gebraucht werden. Das andere Mikrometer für Stellungswinkel beruht auf dem Princip: daß ein Faden auf einem Rädchen befestigt, vermittelst eines in dieß Rädchen eingreifenden Trillings jeden beliebigen Winkel mit dem Parallel, den ein kleiner Weiser angibt, bewegt werden kann.

Noch ist einer graphischen Darstellung der erleuchtenden und erwärmenden Kräfte und farbigen Erscheinungen des prismatischen Sonnenbilds nach den in der Abhandlung angegebenen Zahlen als höchst verdeutlichend und einfach zu gedenken; sie ist S. 267 erwähnt.

Inhalt.

		Seite
Erstes Buch. Vom Bau des Himmels		1
§. 1.	Die Milchstraße	2
§. 2.	Der Orionsnebel	18
§. 3.	Glieder des Himmels	24
§. 4.	Tiefe des Himmels	33
	Anmerkungen	51
Zweytes Buch. Von der Natur der Sterne		61
§. 1.	Das Wesen der Sterne	61
§. 2.	Die Doppelsterne	59
§. 3.	Die veränderlichen Sterne	89
§. 4.	Die eigene Bewegung der Sterne	95
	Anmerkungen	106
Drittes Buch. Das Planeten-System		113
§. 1.	Uranus	114
§. 2.	Saturn	129
§. 3.	Jupiter	143
§. 4.	Asteroiden	147
§. 5.	Mars	152
§. 6.	Venus	158
§. 7.	Mercurius	161
§. 8.	Mond	153
§. 9.	Kometen	167
§. 10.	Sonne	180
	Anmerkungen	192
Viertes Buch. Der teleskopische Apparat		209
§. 1.	Das Fernrohr und das Auge	209
§. 2.	Die Apparate	235
§. 3.	Licht und Wärme	240
	Anmerkungen	270
	Schlußanmerkung über das 40füßige Teleskop	279
	Beylagen	292
	Beschreibung der Kupfer.	
	Verbesserungen.	

Verbesserungen.

Zu den Schriften, welche in den Kreis des zweyten Buchs gehören, ist noch beyzusetzen on the places of 145 New double stars (über die Oerter von 145 neuen Doppelstern), sie ist besonders abgedruckt aus den Transactionen der astronomischen Gesellschaft zu London 1821.

In den drey Tafeln über die eigene Bewegung im zweyten Buch ist S. 100 ff. überall statt F zu lesen O (ost) statt P, W (west).

Im dritten Buch ist im Texte der Miß Herschel die Entdeckung des Kometen von 1786 und 1795, und in den Anmerkungen von 1788 und 1791 bloß zugeschrieben. Ihr gebühren gemäß Olbers Kometen-Verzeichniß noch 2 Kometen im Jahr 1790 entdeckt.

In der 5ten Anmerkung S. 200 über die Marsflecken sollte in der Beobachtung vom 19. Jun. stehen, die Figur wie den 26sten April (nicht 6ten) und Fig. 18.

Im vierten Buch sollte wohl S. 219 stehen die Helligkeit des Sterns ist bedingt — — durch die Helligkeit des — Raumes (statt Ramers).

S. 33 Lin. 33 sollte ein Komma nach spielen stehen.

S. 75. Lin. 33 statt richtig lese man wichtig.

S. 145 in dem Täfelchen lese man in der letzten Zeile beym 1sten Trabanten statt zu dünn z. dünn(d. h. ziemlich dünn oder ziemlich lichtschwach.)

S. 193 die erste Abtheilung über Jupiter ist vom Jahr 1781.

S. 271 Lin. 31. statt very angles lese very Small angles der vollständige Theil des Titels in Beziehung auf Hardings Stern befindet sich S. 193.

S. 236 Zeile 27 statt oder lese den.

